



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Evaluación de la movilidad en
Sisal, Yucatán, en el marco de
su desarrollo urbano sostenible**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A N

Brandon Cruz Hernández

Vanya Liseth Martínez Camargo

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado EVALUACION DE LA MOVILIDAD EN SISAL, YUCATAN, EN EL MARCO DE SU DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE que presenté para obtener el título de INGENIERO CIVIL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

BRANDON CRUZ HERNANDEZ
Número de cuenta: 114000734



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado EVALUACION DE LA MOVILIDAD EN SISAL, YUCATAN, EN EL MARCO DE SU DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE que presenté para obtener el título de INGENIERO CIVIL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

Martinez C.

VANYA LISSETH MARTINEZ CAMARGO

Número de cuenta: 317233599

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. Angélica Lozano por su apoyo y dedicación a lo largo de este trabajo. Gracias por creer en nosotros y darnos la oportunidad de demostrar nuestro potencial. Estamos muy agradecidos por haber compartido sus conocimientos y experiencias con nosotros.

A la beca otorgada por el proyecto titulado “Sisal, Yucatán: hacia una ciudad sustentable y resiliente”, liderado por el Dr. José Luis Fernández Zayas y el Dr. Paulo Salles Afonso de Almeida, de Grupos Interdisciplinarios de Investigación el Instituto de Ingeniería, UNAM (GII-IIUNAM)., específicamente al Subproyecto “Diagnóstico y recomendaciones para el mejoramiento del ordenamiento urbano y la sostenibilidad de Sisal” liderado por la Dra. Angélica Lozano.

A los miembros del Grupo de Investigación en Ingeniería de Transporte y Logística (GIITRAL) por ayudarnos a complementar este trabajo, por su amistad, risas y momentos agradables que hicieron este proceso más ameno. En especial a Toño por sus consejos personales y profesionales, y cada plática que compartimos.

A la Facultad y al Instituto de Ingeniería de la UNAM por brindarnos las herramientas necesarias para desarrollarnos profesionalmente y las enseñanzas adquiridas.

Quiero agradecer a mi madre, Isabel, por su apoyo constante, su sacrificio y amor incondicional en cada paso de mi camino. Gracias, porque solo yo sé todo el esfuerzo que ha implicado llegar hasta este momento. Agradezco también a mi padre, Ignacio, quien, aunque no esté físicamente presente, sigue siendo una parte fundamental de mi vida y siempre cuidará de mí dónde quiera que esté. A ambos, les debo tanto, y tengo la fortuna de tener unos padres como ustedes. Como se los prometí, hoy les muestro que todo el esfuerzo y sacrificio valieron la pena: he alcanzado mi meta. Los amo.

A toda mi familia, que me ha brindado su amor, apoyo y motivación en cada etapa de mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado y por ayudarme cuando más lo necesitaba.

A mi novio, Brandon, mi todo. Gracias por ser mi fuerza, por creer en mí, por enseñarme de lo que soy capaz y demostrarme que siempre se puede dar un poquito más. Gracias por nunca dejarme sola, por ser mi compañero, mi equipo y mi motivación en este proyecto. Después de tantos meses de estrés, risas, frustraciones y mil emociones más, hoy puedo decirte con el corazón lleno de felicidad: ¡LO LOGRAMOS!, y lo mejor de todo, es que lo logramos juntos. Te amo y me siento la persona más afortunada del mundo por tenerte a mi lado.

A mis amigos y profesores, que han sido piezas clave en mi experiencia universitaria. Gracias por su apoyo, su orientación y por la amistad que me han brindado.

Vanya Lisseth Martínez Camargo

Quiero agradecer a mis padres, Susana y Jaime, por su amor, sacrificio y motivación a lo largo de todos estos años. Sus valores y consejos me han formado como persona, los amo. A mi hermano, Joshua, por alentarme a seguir adelante. Tu confianza en mí me ha impulsado a seguir creciendo.

A mis abuelitos, Flora, María, Félix y Domingo, por enseñarme a no rendirme y brindarme su cariño y amor a lo largo de estos años. Que, aunque algunos de ustedes no se encuentren físicamente, sus enseñanzas siguen inspirándome a no rendirme nunca.

A toda mi familia, que me ha brindado amor y risas a lo largo de mi vida universitaria. Gracias por siempre alentarme a ser mejor persona.

A mi novia, Vanya, por todas las emociones que pasamos al realizar este trabajo. Gracias por enseñarme a superar mis capacidades y seguir alentándome a crecer de la mano contigo, este éxito representa lo que en algún momento dijiste “No voy a poder”. Te amo y agradezco por todo ese cariño y risas que siempre hacen de mí algo mejor.

A todos los reales, por su apoyo, por compartir sus conocimientos, por los momentos de alegría y por haber estado en aquellos momentos difíciles durante esta formación.

Por último, a mis profesores que formaron parte de mi desarrollo profesional.

Brandon Cruz Hernández

Si hiciéramos todas las cosas que somos capaces de hacer, nos asombraríamos a nosotros mismos.

Thomas Edison

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN	VIII
CAPÍTULO 1 SISAL	1
1.1. HISTORIA	1
1.2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y DEMOGRÁFICO	1
1.3. ECONOMÍA LOCAL	3
1.4. TRANSPORTE DE PASAJEROS	4
1.5. CULTURA Y TRADICIONES	4
1.5.1. Fiesta de la Veda del Mero	5
1.5.2. Fiesta en Honor al Cristo Negro	6
1.6. LUGARES EMBLEMÁTICOS	6
1.6.1. Muelle y Playa de Sisal	6
1.6.2. El Faro y Fuerte de Santiago	6
1.6.3. Casa de la Emperatriz Carlota	7
1.6.4. Ex Aduana Marítima	8
1.6.5. Reserva Estatal “El Palmar”	8
CAPÍTULO 2 DESARROLLO URBANO	10
2.1. NORMATIVIDAD EN DESARROLLO URBANO	10
2.1.1. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán (LAHOTDUY)	10
2.1.2. Ley de Procuración de Justicia Ambiental y Urbana del Estado de Yucatán (LPJAUY)	11
2.1.3. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY)	11
2.1.4. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY)	12
2.1.4.1. Unidades de Gestión Ambiental	12
2.1.4.2. Clasificación de los usos del suelo	14
2.1.5. Programa Estatal de Desarrollo Urbano de Yucatán (PEDUY)	15
2.1.6. Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Hunucmá	18
2.1.7. Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGMySV)	19

2.2.	EXPANSIÓN URBANA Y SUS POSIBLES IMPACTOS	19
2.2.1.	Tipos de expansión urbana	19
2.2.2.	Impactos sociales y económicos.....	21
2.2.3.	Impactos ambientales	21
CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO DE LA MOVILIDAD EN SISAL.....		23
3.1.	INFRAESTRUCTURA PARA EL TRANSPORTE	23
3.1.1.	Infraestructura peatonal	24
3.1.2.	Infraestructura ciclista	26
3.1.3.	Infraestructura vial.....	30
3.1.3.1.	<i>Señalización vertical, horizontal y dispositivos diversos.....</i>	<i>31</i>
3.1.3.2.	<i>Tipo y estado del pavimento</i>	<i>38</i>
3.1.4.	Paraderos	40
3.2.	SERVICIOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS	40
3.2.1.	Viajes en vagoneta	40
3.2.1.1.	<i>Características de los viajes que llegan a Sisal en vagoneta</i>	<i>41</i>
3.2.1.2.	<i>Características de los viajes que salen de Sisal en vagoneta</i>	<i>43</i>
3.2.1.3.	<i>Líneas de deseo de los viajes.....</i>	<i>45</i>
3.2.1.4.	<i>Problemática de los viajes que salen y llegan a Sisal en vagoneta</i>	<i>46</i>
3.2.2.	Viajes en mototaxis.....	46
3.2.2.1.	<i>Características de los viajes en mototaxis</i>	<i>47</i>
3.2.2.2.	<i>Líneas de deseo de los viajes.....</i>	<i>50</i>
3.2.2.3.	<i>Problemática de los viajes en mototaxi.....</i>	<i>51</i>
3.2.3.	Viajes en autobuses.....	51
3.2.3.1.	<i>Características de los viajes que llegan a Sisal en autobús</i>	<i>52</i>
3.2.3.2.	<i>Características de los viajes que salen de Sisal en autobús</i>	<i>55</i>
3.2.3.3.	<i>Líneas de deseo de los viajes.....</i>	<i>57</i>
3.2.3.4.	<i>Problemática de los viajes que salen y llegan a Sisal.....</i>	<i>57</i>
3.3.	TRANSPORTE DE CARGA.....	58
3.3.1.	Características de los viajes del transporte de carga.....	58
3.3.2.	Problemática del transporte de carga.....	60
CAPÍTULO 4 PROPUESTAS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD EN SISAL		61
4.1.	INFRAESTRUCTURA	61
4.1.1.	Infraestructura peatonal	61
4.1.2.	Infraestructura vial.....	62

4.1.3. Pavimento	64
4.2. TRANSPORTE PÚBLICO	64
4.3. TRANSPORTE DE CARGA.....	69
4.4. DESARROLLO URBANO Y MOVILIDAD	70
CONCLUSIONES	73
REFERENCIAS	77
ANEXO A. UBICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL EN EL ÁREA URBANA DE SISAL	86
ANEXO B. UBICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL EN MAL ESTADO EN EL ÁREA URBANA DE SISAL	87
ANEXO C. UBICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EN EL ÁREA URBANA DE SISAL	88
ANEXO D. UBICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EN MAL ESTADO EN EL ÁREA URBANA DE SISAL	89
ANEXO E. UBICACIÓN DE CALLES PAVIMENTADAS EN EL ÁREA URBANA DE SISAL, YUCATÁN	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Localización geográfica de Sisal Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2024.....	2
Figura 1.2. Temperatura de Sisal Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2024.....	3
Figura 1.3. Pesca tradicional en la orilla de la playa Sisal, Yucatán Fuente: Canal Eddie Ruiz Fishing	4
Figura 1.4. Muelle de Sisal Fuente: Silva, 2021	6
Figura 1.5. El Faro y Fuerte de Santiago de Sisal Fuente: Silva, 2021	7
Figura 1.6. Casa de la Emperatriz Carlota de Sisal Fuente: Mantilla, 2021.....	7
Figura 1.7. Ex Aduana Marítima de Sisal Fuente: Vista de Street View de Google Earth, fecha de captura: julio, 2022	8
Figura 1.8. Reserva Estatal “El Palmar” Fuente: Canal Drones México, 2017	9
Figura 2.1. Clasificación de las UGAs de Yucatán en el POETY Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOGEY, 2023b	12
Figura 2.2. Actividades para el aprovechamiento territorial, PEDUY-002 Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOGEY, 2024	16
Figura 2.3. Unidades de actividades económicas en la zona urbana de Sisal Fuente: Elaboración propia con información tomada del levantamiento virtual mediante Google Earth, 2024.....	17
Figura 2.4. Expansión urbana en Sisal Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2024	20
Figura 3.1. Jerarquía de movilidad Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOGEY, 2022.....	24
Figura 3.2. Banquetas existentes en Sisal Fuente: Elaboración propia con información tomada del levantamiento virtual mediante Google Earth, 2024.....	25
Figura 3.3. Banqueta obstaculizada y pendientes pronunciadas en la zona central de Sisal Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023	26
Figura 3.4. Calle compartida Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024	27
Figura 3.5. Carril compartido Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024	28
Figura 3.6. Ciclocarril Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024	28
Figura 3.7. Ciclovía unidireccional con cordón de estacionamiento Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024.....	28
Figura 3.8. Ciclovía unidireccional Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024	29
Figura 3.9. Carril bus-bici Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024	29
Figura 3.10. Marca M-15.1 vía ciclista o delimitada Fuente: DGST, 2023	30
Figura 3.11. Altura y distancia lateral de las señales bajas Fuente: Elaboración propia con información tomada del DGST, 2023 Dibujo fuera de escala	33
Figura 3.12. Altura y distancia lateral de las señales elevadas Fuente: Elaboración propia con información tomada del DGST, 2023 Dibujo fuera de escala	33
Figura 3.13. Incumplimiento de altura y distancia lateral en señal SR-6 y mal mantenimiento Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: octubre, 2021.....	35
Figura 3.14. Ausencia de SII de nomenclatura Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023.....	36
Figura 3.15. Ausencia de rayas de alto y cruce peatonal Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023	36
Figura 3.16. Características geométricas del RV tipo circular Fuente: Elaboración propia con información tomada del DGST, 2023. Dibujo fuera de escala.....	37
Figura 3.17. Incumplimiento de características geométricas en RV tipo circular Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023	37
Figura 3.18. Mal estado de cruce peatonal y ausencia de rampas para personas con discapacidad Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023	38

Figura 3.19. Pavimento rígido en calle principal (carretera 281 Hunucmá – Sisal) Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023.....	39
Figura 3.20. Calle 15 carente de pavimentación y con presencia de baches Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023.....	39
Figura 3.21. Terminal de vagonetas en Hunucmá Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: mayo, 2023.....	40
Figura 3.22. Origen de los viajes que llegan a Sisal en vagoneta Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta GIITRAL (2024).....	41
Figura 3.23. Motivo de viaje de los pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta GIITRAL (2024).....	41
Figura 3.24. Tiempo de espera de los pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta GIITRAL (2024).....	42
Figura 3.25. Tiempo de recorrido aproximado de Hunucmá a Sisal Fuente: Vista Google Maps, fecha de captura: febrero, 2025.....	42
Figura 3.26. Tiempo de recorrido de los pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta GIITRAL (2024).....	43
Figura 3.27. Destino de los viajes que salen de Sisal en vagoneta Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en vagoneta GIITRAL (2024).....	43
Figura 3.28. Motivo de viaje de los pasajeros que salen de Sisal en vagoneta Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en vagoneta GIITRAL (2024).....	44
Figura 3.29. Tiempo de espera de los pasajeros que salen de Sisal en vagoneta Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en vagoneta GIITRAL (2024).....	44
Figura 3.30. Tiempo de recorrido de los pasajeros que salen de Sisal en vagoneta Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en vagoneta GIITRAL (2024).....	45
Figura 3.31. Líneas de deseo de los viajes en vagoneta con origen o destino en Sisal Fuente: Elaboración propia con información tomada de GIITRAL (2024).....	46
Figura 3.32. Mototaxis de Sisal Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023.....	47
Figura 3.33. Clasificación de zonas en Sisal Fuente: Elaboración propia con información tomada de GIITRAL (2024).....	47
Figura 3.34. Origen de los viajes en mototaxi Fuente: Encuesta de pasajeros en mototaxi GIITRAL (2024).....	48
Figura 3.35. Destino de los viajes en mototaxi Fuente: Encuesta de pasajeros en mototaxi GIITRAL (2024).....	48
Figura 3.36. Motivo de viaje de los pasajeros en mototaxi Fuente: Encuesta a pasajeros de mototaxis GIITRAL (2024).....	49
Figura 3.37. Tiempo de espera de los pasajeros que viajan en mototaxi Fuente: Encuesta a pasajeros de mototaxis GIITRAL (2024).....	49
Figura 3.38. Tiempo de recorrido de los pasajeros que viajan en mototaxi Fuente: Encuesta a pasajeros de mototaxis GIITRAL (2024).....	50
Figura 3.39. Costo de viaje en mototaxi Fuente: Encuesta a pasajeros de mototaxis GIITRAL (2024)...	50
Figura 3.40. Líneas de deseo de los viajes entre orígenes y destinos dentro de Sisal en mototaxi Fuente: Elaboración propia con información tomada de GIITRAL (2024).....	51
Figura 3.41. Terminal de autobuses de Mérida Fuente: Vista Street View de Google Maps, fecha de captura: marzo, 2023.....	51
Figura 3.42. Horas de salida de los autobuses Fuente: Canal Llegando a.....	52
Figura 3.43. Origen de los viajes que llegan a Sisal en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024).....	52
Figura 3.44. Motivo de viaje de los pasajeros que llegan a Sisal en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024).....	53

Figura 3.45. Tiempo de espera de los pasajeros que llegan a Sisal en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024)	53
Figura 3.46. Tiempo de recorrido de los pasajeros que llegan a Sisal en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024)	54
Figura 3.47. Tiempo de recorrido aproximado de la terminal de autobuses de Mérida a la terminal de autobuses de Sisal Fuente: Vista Google Maps, fecha de captura: febrero, 2025	54
Figura 3.48. Costo de viaje en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024)	55
Figura 3.49. Destino de los viajes que salen de Sisal en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en autobús GIITRAL (2024).....	55
Figura 3.50. Motivo de viaje de los pasajeros que salen de Sial en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en autobús GIITRAL (2024).....	55
Figura 3.51. Tiempo de espera de los pasajeros que salen de Sisal en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que salen a Sisal en autobús GIITRAL (2024).....	56
Figura 3.52. Tiempo de recorrido de los pasajeros que salen de Sisal en autobús Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en autobús GIITRAL (2024).....	56
Figura 3.53. Líneas de deseo de los viajes en autobús con origen o destino en Sisal Fuente: Elaboración propia con información tomada de GIITRAL (2024)	57
Figura 3.54. Camión de tres ejes de transporte de carga en Sisal Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023.....	58
Figura 3.55. Origen de los encuestados de transporte de carga Fuente: Encuesta a transportistas de carga GIITRAL (2024)	58
Figura 3.56. Destino de los encuestados de transporte de carga Fuente: Encuesta a transportistas de carga GIITRAL (2024)	59
Figura 3.57. Tipo de vehículo utilizado para el transporte de carga Fuente: Encuesta a transportistas de carga GIITRAL (2024).....	59
Figura 3.58. Tipo de carga que llega a Sisal Fuente: Encuesta a conductores de transporte de carga GIITRAL (2024)	60
Figura 4.1. Propuesta de creación de banqueta con ancho de calzada de siete m Fuente: Elaboración propia.....	61
Figura 4.2. Propuesta de creación de banqueta con ancho de calzada de nueve m Fuente: Elaboración propia.....	62
Figura 4.3. Propuesta de SII de nomenclatura para calles Fuente: Elaboración propia con información tomada de la DGST, 2023	62
Figura 4.4. Propuesta de señalamiento en intersecciones Fuente: Elaboración propia con información tomada de la DGST, 2023	63
Figura 4.5. Señalamiento propuesto en zonas escolares de Sisal Fuente: Elaboración propia con información tomada de la DGST, 2023.....	63
Figura 4.6. Toyota Hiace 12 pasajeros y Nissan Urvan 14 pasajeros Amplia AA Fuente: Toyota, 2025 y Nissan, 2025	65
Figura 4.7. Bajaj MAXIMA Z o Kingway KW200ZH-5PAS Fuente: Indian Trading Company, 2020 y Kingway MX, 2025.....	66
Figura 4.8. Propuesta de paraderos en la Calle 22 esquina con Calle 21 Fuente: Elaboración propia...	69
Figura A.1. Señalamiento vertical de Sisal, Yucatán.....	86
Figura B.1. Señalamiento vertical en mal estado de Sisal, Yucatán.....	87
Figura C.1. Señalamiento horizontal de Sisal, Yucatán.....	88
Figura D.1. Señalamiento horizontal en mal estado de Sisal, Yucatán	89
Figura E.1. Calles pavimentadas de Sisal, Yucatán.....	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Criterios de las UGAS de Sisal de la BAPOETY	13
Tabla 2.2. Principales actividades compatibles en el Estado de Yucatán del POETY	13
Tabla 2.3. Principales actividades compatibles en Sisal del POETY	15
Tabla 3.1. Secciones mínimas de las franjas de la NOM-004-SEDATU-2023	25
Tabla 3.2. Condiciones operativas para definir las vías ciclistas de la NOM-004-SEDATU-2023	27
Tabla 3.3. Código de colores en señales viales del MSyDCTCC	31
Tabla 3.4. Clasificación funcional de la señalización vertical del MSyDCTCC.....	32
Tabla 3.5. Clasificación de las marcas para la señalización horizontal del MSyDCTCC	34
Tabla 3.6. Clasificación de los dispositivos diversos del MSyDCTCC	35
Tabla 4.1. Características de los vehículos propuestos.....	66
Tabla 4.2. Criterios generales que deben cumplir los vehículos tipo vagoneta.....	67

INTRODUCCIÓN

El transporte ha sido un sistema clave para el desarrollo de las actividades cotidianas de las personas, facilitando el desplazamiento tanto de pasajeros como de mercancías, y a lo largo del tiempo ha evolucionado para adaptarse a las necesidades cambiantes de la sociedad, mejorando la eficiencia en el desplazamiento y contribuyendo al crecimiento social y económico de un país (Mhcyh, 2023). Además, el transporte juega un papel esencial en la conexión de comunidades, el acceso a servicios básicos y el impulso a la economía local (German, et al., 2023). No obstante, la planificación y la infraestructura del transporte deben ser constantemente evaluadas para asegurar que respondan de manera efectiva a los requerimientos de la población (López, 2024).

Franco (2024) señala que invertir en una infraestructura del transporte no solo promueve el desarrollo económico, sino que también mejora la calidad de vida de los habitantes. El transporte interviene en la salud, la economía y el medio ambiente, sin dejar a un lado la vivienda y la educación ya que, para poder desplazarse de un origen a un destino como el hogar e instituciones educativas, se requiere de un modo de transporte (Méndoza, 2024).

En este contexto, el transporte en Yucatán es insuficiente. Según Farfán, et al. (2023), en Mérida, el municipio con mayor densidad poblacional, la mitad de los habitantes avanza hacia el primer mundo, mientras que la otra mitad sufre por la deficiencia del transporte, utilizando la única alternativa disponible: el mototaxi, situación que se extiende también a localidades con menor densidad poblacional, como Kanasín, Umán, Tekax y Oxkutzcab, los mototaxis representan un gran problema debido a la cantidad de unidades que prestan el servicio sin regulación, aunque son la única “solución” a la movilidad de la población.

Como menciona Farfán, et al. (2023), en Yucatán, el sistema de transporte enfrenta diversas dificultades que impactan a los habitantes locales y a los turistas, por ejemplo, las personas con discapacidad o movilidad limitada son las principales afectadas ya que, las unidades del transporte público carecen del equipamiento necesario para brindarles un servicio adecuado, generando discriminación hacia estas personas, como resultado la mayoría de los conductores se abstienen de ofrecerles el servicio.

Aunado a lo anterior, en Sisal, Yucatán, una localidad que combina la pesca, el turismo, la agricultura, la artesanía y el comercio como sus principales actividades económicas tradicionales, el transporte de pasajeros y de carga juega un papel clave para asegurar la conectividad y el desarrollo de la zona (Terra Investment, 2024).

En resumen, Sisal enfrenta desafíos significativos en el transporte de pasajeros y de carga. Por lo tanto, este trabajo se enfoca en evaluar la movilidad en Sisal para promover un desarrollo urbano más sostenible.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de esta investigación es identificar las deficiencias y problemáticas en la movilidad de Sisal y proponer soluciones para mejorarla en el marco de su desarrollo urbano sostenible.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Recopilar información que permita identificar el estado de la infraestructura peatonal, ciclista y vial.
2. Analizar información obtenida mediante encuestas para conocer el estado actual de los viajes en los modos de transporte público como vagonetas, mototaxis y autobuses, así como el transporte de carga.

3. Identificar las áreas de oportunidad para mejorar la movilidad en la localidad.
4. Desarrollar propuestas específicas para mejorar el sistema de transporte en Sisal, incluyendo la infraestructura y la eficiencia operativa de los servicios de transporte público y carga.

ALCANCES

El estudio se centra en el análisis de la movilidad en Sisal, Yucatán, considerando la infraestructura peatonal, ciclista y vial, enfocándonos en el estado actual de las banquetas, calles, señalización y paraderos. Además, se analizan los modos de transporte público (vagonetas, mototaxis y autobuses), así como el transporte de carga. El análisis de datos se lleva a cabo de forma cualitativa (a partir de encuestas a pasajeros y transportistas de carga) y de forma cuantitativa, con datos sobre tiempos de viaje, condiciones de las calles, tiempos de espera, motivos de viaje, costos del viaje, entre otros. Este estudio no aborda los aspectos relacionados con el transporte de pasajeros por medios acuáticos, como los tours turísticos, ni realiza un análisis detallado sobre el impacto del sistema de transporte en otros sectores, como el turismo.

Este trabajo de investigación consta de cinco capítulos. En el CAPÍTULO 1, se presenta el contexto histórico, geográfico y demográfico de la localidad. Además, se exponen las principales fuentes de económicas de la localidad, la situación actual del transporte de pasajeros y, finalmente la cultura, algunas tradiciones, y lugares más emblemáticos de la localidad. En el CAPÍTULO 2, se presenta la normatividad en desarrollo urbano dando un enfoque en los lineamientos necesarios para un desarrollo urbano sostenible y, finalmente, se menciona la expansión urbana y los impactos que ésta conlleva tanto positivos como negativos.

En el CAPÍTULO 3, se estudia la infraestructura peatonal, ciclista y vial de Sisal, destacando algunos aspectos deficientes de cada una de éstas. Posteriormente, se analizan los viajes realizados en los diferentes modos de transporte de la localidad (vagonetas, mototaxis y autobuses), así como el transporte de carga, con base en las encuestas realizadas a los usuarios de cada uno de estos modos de transporte. Estas encuestas fueron realizadas por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Transporte y Logística (GIITRAL) del Instituto de Ingeniería de la UNAM, con el objetivo de identificar las deficiencias y/o problemáticas existentes sobre la movilidad en la localidad.

Con base en la información obtenida del Capítulo 3, en el CAPÍTULO 4 se presentan algunas propuestas para mejorar las deficiencias y problemáticas presentes en la movilidad dentro de la localidad. Se enfatiza la importancia de abordar los problemas de la falta de señalización y la ausencia de banquetas y pavimentos en las vías, que afectan negativamente la calidad de vida de los habitantes y visitantes de Sisal. Esto con el objetivo de crear un entorno más seguro y mejorar la seguridad vial de los peatones, ciclistas y conductores. Por último, se presentan las conclusiones de este trabajo sobre la movilidad dentro de Sisal, donde se destaca la necesidad urgente de mejorar la infraestructura y seguridad vial, y la accesibilidad para todos los usuarios de las vías. Posteriormente, se incluyen las referencias y los anexos A, B, C, D y E.

CAPÍTULO 1

SISAL

Este primer capítulo se enfoca en la historia, el contexto geográfico y demográfico, la economía local, el transporte de pasajeros, la cultura y algunas tradiciones de Sisal, un pequeño puerto ubicado en Yucatán.

Se aborda el origen, el significado y las raíces de la localidad, así como su importante auge dentro de la industria. También se menciona cuándo fue declarado Pueblo Mágico. A continuación, se describe la ubicación geográfica, el clima y la precipitación anual de la localidad. Además, se explica la economía local, desde sus orígenes hasta la actualidad, haciendo énfasis en las actividades predominantes, como la pesca y el turismo.

Posteriormente, se trata brevemente el tema del transporte de pasajeros en la localidad y el principal medio de acceso. Finalmente, se aborda la cultura y tradiciones de Sisal, destacando aspectos como religión, gastronomía, algunas festividades y lugares emblemáticos, tales como el Muelle y la playa, el Faro y el Fuerte de Santiago, la Casa de la Emperatriz Carlota, la Ex Aduana Marítima y la Reserva Estatal “El Palmar”.

1.1. HISTORIA

De acuerdo con Domínguez (2024), Sisal fue fundado como puerto principal del estado de Yucatán en 1811. Según Cana (s.f.), durante la época colonial, se construyó el Fuerte de Santiago para defensa de la localidad, y posteriormente en 1845 se edificó un faro en su interior.

Según Osegueda (2020), en la publicación titulada “Sisal, un pueblo paradisiaco en Yucatán” publicado en la revista digital México Desconocido, el nombre de Sisal tiene origen maya y significa *lugar donde el frío es pesado o penetrante*. Además, esta publicación menciona que Sisal tiene raíces de la época prehispánica, cuando era conocido como *Ah-Canul*, que se traduce “*protector*”. Asimismo, en el siglo XVI, Sisal emergió como un importante centro de la industria, destacándose como un gran exportador de henequén¹ recibiendo buques provenientes de Europa, pero su vínculo más significativo fue con Cuba, lo que provocó un cambio cultural de gran relevancia (Osegueda, 2020).

Revista Yucatán (2021), menciona que el primero de diciembre de 2020, la Secretaría de Turismo Federal (SECTUR) designó a la localidad de Sisal como Pueblo Mágico, reconocimiento que se debe a su playa de arena blanca y fina, así como a sus aguas azuladas con oleaje sereno. A partir de entonces, se realizan constantemente diversas mejoras y trabajos de mantenimiento para lograr una imagen urbana de mayor calidad, lo que motiva a los turistas a conocer la localidad (Revista Yucatán, 2021).

1.2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y DEMOGRÁFICO

Según Meza (2022), Sisal es una localidad perteneciente al municipio de Hunucmá, ubicada geográficamente en la latitud 21°09'55" Norte y longitud 90°01'50" Oeste (Ver Figura 1.1). Sin embargo, debido a la ubicación geográfica y a las ligeras pendientes en la zona, la urbanización puede presentar riesgos por inundaciones causadas por los fenómenos naturales que se generan en el Golfo de México o que arriben al lugar (Meza, 2022).

¹ Según el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO, 2017), el henequén es una especie de planta del género de los agaves, originaria de estado de Yucatán en México, lugar donde fue cultivada por los mayas en la época prehispánica, quienes le llamaban “Ki” en lengua maya; fue domesticado en la época debido a la utilidad de sus fibras, especialmente por la fabricación de sogas y cordeles.

De acuerdo con el censo de población y vivienda del año 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI, 2020a), Sisal cuenta con un total de 2,078 habitantes de los cuales 1,059 son hombres y 1,019 mujeres.

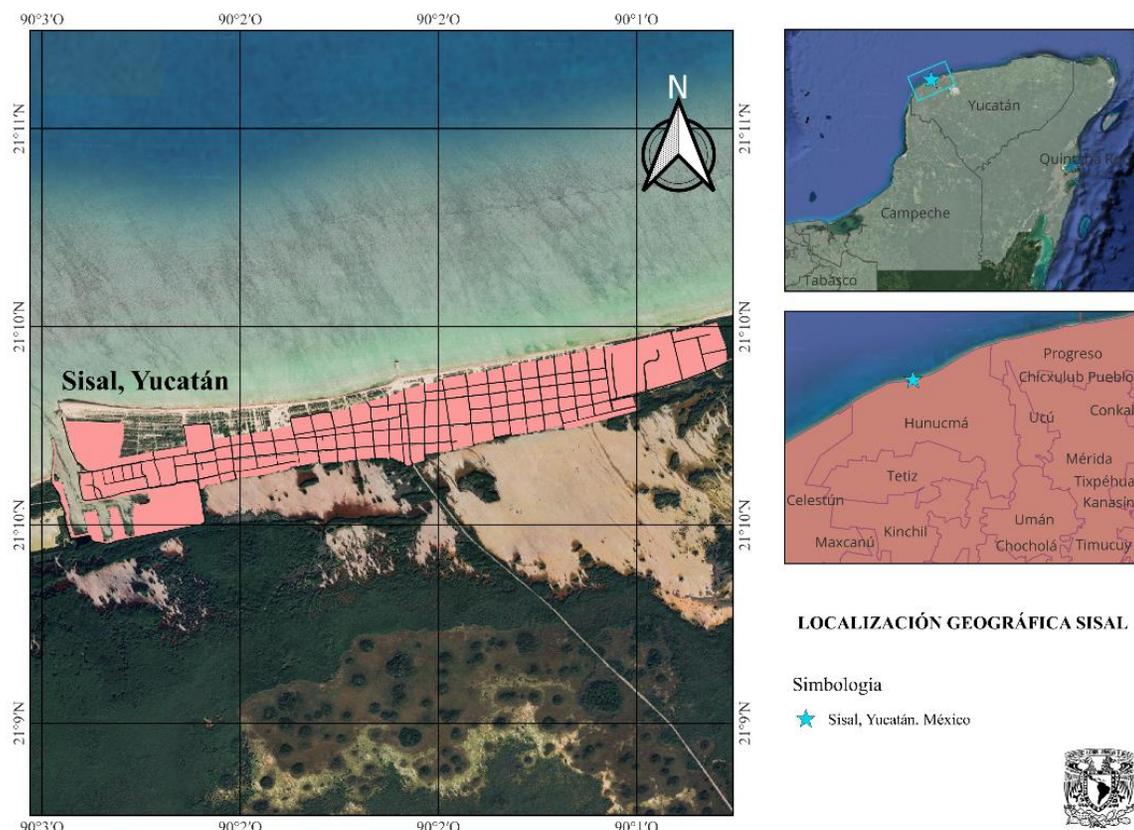


Figura 1.1. Localización geográfica de Sisal
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2024

Con base en la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2024) el clima predominante en la zona costera del puerto es tropical cálido, con una temperatura media anual de 22.5 a 26°C (Ver Figura 1.2). Durante el solsticio de verano, las temperaturas pueden alcanzar los 35°C, mientras que, en el solsticio de invierno se registran las temperaturas más bajas sin descender de los 18°C (CONABIO, 2024). Asimismo, la precipitación media anual varía entre los 500 a 600 mm, concentrándose principalmente durante los meses de junio a octubre debido a la influencia de diversos fenómenos meteorológicos (CONABIO, 2024).

La Secretaría de Marina (SEMAR, 2013) en el documento titulado “El Sisal, Yucatán” indica que la precipitación ocurrida durante el periodo de junio a octubre es aprovechada principalmente por los agricultores para la irrigación de milpas, lo cual es de suma importancia para la producción agrícola.

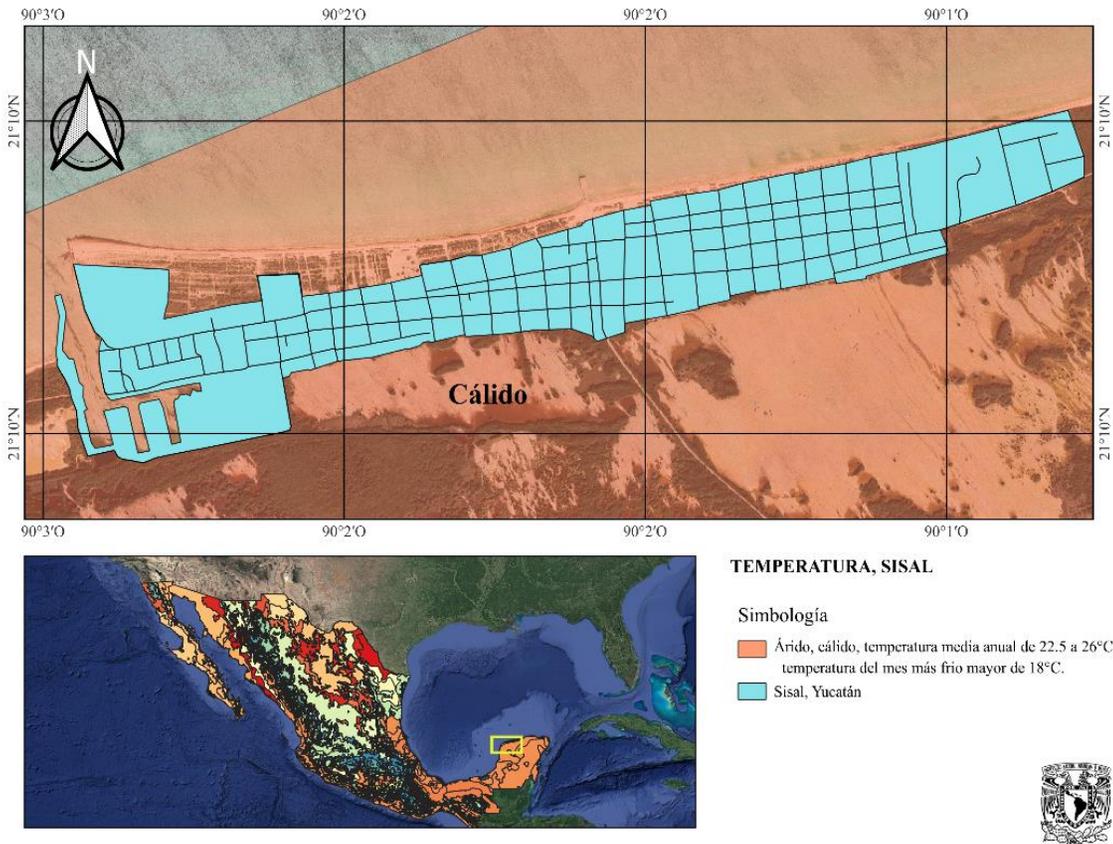


Figura 1.2. Temperatura de Sisal
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2024

1.3. ECONOMÍA LOCAL

La economía de Sisal ha evolucionado significativamente a lo largo de los años, adaptándose a las demandas globales. Fraga (2004), señala que “principalmente los habitantes de la costa de Yucatán vivían de la pesca, la caza de animales y la agricultura.”

Según la publicación “Henequén, oro verde en época prehispánica” del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO, 2017) desde mediados del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, la economía de la localidad se centraba en la elaboración y exportación de sogas hechas a partir de las fibras del henequén o mejor conocido como “el oro verde”, estas sogas se exportaban a mercados europeos y estadounidenses. Este auge en la producción del henequén trajo consigo grandes haciendas a lo largo de todo el estado de Yucatán, lo que generó una mayor cantidad de empleos, convirtiéndose en la principal fuente económica de la región (Yucatán acontece, 2024). Sin embargo, Fraga (2004), indica que, en 1871, Sisal dejó de ser el principal puerto exportador, siendo reemplazado por el puerto de Progreso, creado en 1856.

Como lo destaca Fraga (2004), con la declinación de la exportación de henequén, la Península de Yucatán tuvo que adaptarse y buscar nuevas fuentes de ingreso, así, la economía de Sisal se orientó hacia la pesca, marcando un periodo conocido como “el despegue y el auge pesquero”; lo que se reflejó en un aumento significativo de pescadores y embarcaciones siendo el triple y el doble respectivamente en un lapso de dos décadas. Durante este tiempo, la pesca de seis especies principales: mero, pulpo, tiburón, langosta

huachinango y camarón, se convirtió en una actividad económica crucial para la localidad, como se presenta en la Figura 1.3, que muestra la pesca tradicional en la orilla de la playa de Sisal (Fraga, 2004).



Figura 1.3. Pesca tradicional en la orilla de la playa Sisal, Yucatán

Fuente: Canal Eddie Ruiz Fishing

En palabras de Bote (2021), gracias a la difusión que tuvo el puerto de Sisal por parte de los turistas y del gobierno al designarlo como Pueblo Mágico, se ha generado un aumento del turismo nacional del 20%, lo cual ha impulsado a mejorar la infraestructura vial y peatonal, facilitando la movilidad tanto para residentes como para visitantes, aunque todavía se encuentra en proceso. Además, la zona hotelera y los fraccionamientos han tenido un aumento en las construcciones para albergar nuevos residentes (Bote, 2021).

1.4. TRANSPORTE DE PASAJEROS

La carretera Hunucmá-Sisal es el único medio de acceso a Sisal. No obstante, según Carballo (2018), se cuenta con dos modos de transporte disponibles como la central de taxis colectivos Mérida-Hunucmá, Hunucmá-Sisal y la terminal de autobuses del centro.

Dentro de Sisal, los modos de transporte son distintos, ya que los usuarios se desplazan caminando o por medio de bicicletas y/o mototaxis, siendo estos últimos una opción práctica y económica para moverse por todo el pueblo. Estos temas serán abordados con mayor profundidad en el CAPÍTULO 3.

1.5. CULTURA Y TRADICIONES

Según lo expuesto por INEGI (2020b), la religión en Yucatán desempeña un papel importante en la vida de sus habitantes ya que, el catolicismo sigue teniendo una influencia arraigada, representando el 74.3% de la población, y la población restante se divide de la siguiente manera: el 16% son protestantes o cristianos evangélicos, el 8.6% no profesa ninguna religión, el 0.7% no tiene adscripción religiosa, y el 0.2% se identifica con otras religiones.

Aunque Sisal es conocido principalmente por su vínculo con el catolicismo y el idioma español, hoy en día también se hablan lenguas indígenas como el maya, chol, tzeltal y náhuatl; de las cuales, por cada

100 personas que hablan alguna lengua indígena a nivel nacional, 12 no hablan español, en este contexto, Yucatán se posiciona en tercer lugar a nivel nacional, con un 23.7% de la población de tres años o más que habla alguna lengua indígena (INEGI, 2020b).

Según Torres (2023), Sisal destaca por su variada gastronomía local, que refleja una fusión de la cultura maya con características de la cocina costeña, lo que hace que la localidad sea conocida por sus mariscos frescos y sus platos tradicionales yucatecos, que ofrecen una rica variedad de sabores. Entre sus principales ingredientes se encuentra el maíz, la cebolla morada, la naranja, la pepita de calabaza, la lima, el chile habanero, el chile xcar, el achiote y el chile max encontrando una variedad de platillos típicos como la cochinita pibil, la sopa de lima, los papadzules y los panuchos (Cisneros, 2024).

Uno de los platos más representativos es el ceviche yucateco, del cual Avilés (2021) menciona en la revista digital de Cocinero, que este ceviche se elabora marinando camarones, pescados o mariscos con jugos cítricos, cilantro, cebolla, jitomates y chiles habaneros. Asimismo, Rodríguez (2022) señala que otro plato emblemático es la cochinita pibil, uno de los más favoritos y reconocidos en Yucatán; este platillo consiste en lomo de cerdo originalmente conocido como “cerdo pelón” y manteca, estos dos ingredientes son marinados con achiote y jugo de naranja para posteriormente ser envuelto y cocido lentamente en hojas de plátano.

De acuerdo con Arreola (2023), las festividades y los festivales culturales y deportivos de Sisal, son una parte importante en la vida de los habitantes. Cada año, la localidad celebra el Festival de la Veda del Mero y la Fiesta en Honor al Cristo Negro, eventos que destacan por su significado y su impacto en la comunidad (SECTUR, 2020).

1.5.1. Fiesta de la Veda del Mero

Según Gómez (2024), la Fiesta de la Veda del Mero se celebra en Sisal desde el 24 de febrero hasta el 31 de marzo y se distingue por su amplia gama de actividades turísticas, culturales y deportivas; durante esta festividad, se organiza un pabellón gastronómico, comercial y artesanal, donde los residentes tienen la oportunidad de vender sus productos. Además, dicho autor menciona que se realizan donaciones de plantas nativas de Yucatán, presentaciones de ballet folklórico, talleres de esculturas de arena y una feria, todo con el objetivo de la reactivación de la economía local de Sisal. Por otra parte, más de 15 mil familias de pescadores participan ofreciendo platillos gastronómicos elaborados con especies que no están en veda² (Gómez, 2024).

En palabras de Subiria (2024), el festival se extiende a diferentes municipios a lo largo del mes celebrándose así los días 24 y 25 de febrero en Celestún; continúa el 2 y 3 de marzo en Río Lagartos, San Felipe y Las Coloradas; y el 9 y 10 de marzo en Sisal. Posteriormente, el 16 y 17 de marzo, el festival se lleva a cabo en Telchac Puerto, Chabihau, San Crisanto y Dzilam de Bravo; el 23 y 24 de marzo en Progreso; y finalmente, el 30 y 31 finalizara en El Cuyo.

La Fiesta de la Veda del Mero ha recibido dos importantes premios. El primero, “Transformando a México desde lo local”, fue otorgado tras una selección entre más de 700 iniciativas; el segundo premio, obtenido en 2022, es el “Latin American Leaders Awards”, que reconoce el trabajo en innovación social y la contribución a la Agenda del Desarrollo Sostenible 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (Subiria, 2024).

² La veda en el ámbito ambiental hace referencia a un periodo específico en el cual se prohíben actividades como la caza o la pesca. El principal objetivo de esta restricción temporal es proteger las especies durante su reproducción o en momentos en los cuales podrían ser más vulnerables a la sobreexplotación (Benítez, 2024).

1.5.2. Fiesta en Honor al Cristo Negro

Según Alba (2024), una de las tradiciones más emblemáticas de Sisal, Yucatán, es la peregrinación marítima del Cristo Negro o mejor conocido como el Señor de Sisal, esta tradición resguarda las vidas de los pescadores locales y bendice el mar que sustenta a la comunidad; las calles se transforman en escenarios de baile y música para crear un ambiente ameno que contagie a todos los residentes y turistas. Cabe destacar que esta festividad tiene aproximadamente 90 años y se celebra cada mes de agosto (Faller, 2019).

1.6. LUGARES EMBLEMÁTICOS

A continuación, se presentan cinco lugares emblemáticos de Sisal que son un reflejo de su historia y tradición.

1.6.1. Muelle y Playa de Sisal

El muelle de Sisal se encuentra en la playa principal (Ver Figura 1.4). De acuerdo con Yucatán Travel (2024), esta área fue habitada por la civilización maya, pero se transformó para ser el principal puerto marítimo del estado, en éste existe una amplia variedad de oferta gastronómica con especialidad en los productos frescos del mar. La playa de Sisal se distingue por sus aguas cristalinas y su arena fina blanca con algunos depósitos de conchas, por ende, se pueden realizar actividades acuáticas bajo supervisión (Yucatán Travel, 2024).

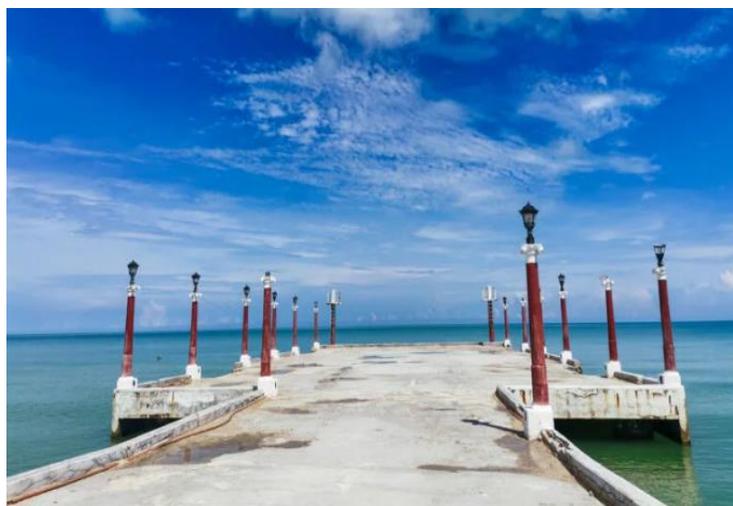


Figura 1.4. Muelle de Sisal

Fuente: Silva, 2021

1.6.2. El Faro y Fuerte de Santiago

Silva (2021), menciona que El Faro se encuentra a unos metros de la playa. Se construyó a finales del siglo XIX con el objetivo de guiar a las embarcaciones que navegaban por las aguas cercanas a la costa de la Península de Yucatán donde actualmente llegan algunas embarcaciones (Mantilla, 2021).

En la Figura 1.5 se observa el Fuerte de Santiago el cual fue construido principalmente con cal y piedra a finales del siglo XVII con el objetivo de servir como defensa para la población y las embarcaciones de los ataques de corsarios que frecuentaban a Sisal durante esa época, y tanto El Faro como El Fuerte de

Santiago son atractivos turísticos (SECTUR, 2020). Además, Arreola (2023), menciona que se disfrutaban de maravillosos paisajes con vista panorámica de la costa de Sisal.



Figura 1.5. El Faro y Fuerte de Santiago de Sisal
Fuente: Silva, 2021

1.6.3. Casa de la Emperatriz Carlota

En la página de la agencia de viajes Yucatán Travel (2024), se menciona que, en 1865, Sisal era considerado como uno de los puertos más importantes de Yucatán y el 22 de noviembre del mismo año, la emperatriz Carlota de Habsburgo viajó en barco y se hospedó en la actual casa histórica durante su estancia en el estado de Yucatán. En la actualidad, este recinto (Ver Figura 1.6) luce una gran construcción de forma rectangular rodeada en las cuatro caras por un pórtico de gran magnitud con arcos (Ramírez, 2021).



Figura 1.6. Casa de la Emperatriz Carlota de Sisal
Fuente: Mantilla, 2021

1.6.4. Ex Aduana Marítima

Según Yucatán Travel (2024), la Ex Aduana Marítima (Ver Figura 1.7) fue construida alrededor de 1813, cuya función principal era registrar y almacenar mercancías importadas. Sin embargo, en 1871 cuando el municipio de Progreso se convirtió en el nuevo puerto principal de Yucatán, este recinto perdió importancia como centro de actividad marítima y, posteriormente fue adquirido por una empresa alemana donde su función principal era la misma, pero con chile y palo de tinte³; con el tiempo, la Ex Aduana Marítima fue abandonada y actualmente es un Centro Cultural de Sisal donde se puede apreciar la cultura yucateca (Yucatán Travel, 2024).



Figura 1.7. Ex Aduana Marítima de Sisal

Fuente: Vista de Street View de Google Earth, fecha de captura: julio, 2022

1.6.5. Reserva Estatal “El Palmar”

Según el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán (DOGEY, 2018), la “Reserva Especial de la Biosfera Ría Lagartos” y la “Reserva Especial de la Biosfera Ría Celestún” fueron dos áreas protegidas en el litoral de Yucatán en 1989; ambas reservas fueron decretadas como Zona de Refugio Faunístico. No obstante, en el mismo Diario se menciona que las dos áreas fueron insuficientes para proteger los ecosistemas y el Gobierno del Estado de Yucatán determinó dos nuevas Áreas Naturales Protegidas (ANP): la Reserva Estatal de Dzilam y la Reserva Estatal El Palmar, siendo esta última decretada el 29 de enero de 1990, con una extensión de 50,177.39 hectáreas (ha).

Sin embargo, en la Actualización del Programa de Manejo de la Reserva Estatal El Palmar se menciona en el decreto número 293 que:

[..] su superficie disminuye 1,673.94 ha por causa de las rectificaciones ordenadas por el Tribunal de lo Contencioso Administrativo del Estado de Yucatán, a efecto de asegurar que las fincas rústicas con números catastrales 2846 y 2889, ubicadas en el Municipio de Hunucmá (Puerto de Sisal), quedando la Reserva con un total de 47,931.45 hectáreas. (DOGEY, 2018).

El objetivo de la Reserva Estatal El Palmar es asegurar la protección y conservación de los recursos naturales que integran los ecosistemas de esta misma (DOGEY, 2018). Aunado a eso, según el DOGEY

³ El palo de tinte es una planta mexicana que ha sido utilizada para obtener colorantes naturales desde tiempos ancestrales. El colorante que se obtiene es pastel o añil y se caracteriza por su tono azul brillante. Para su obtención es necesario someter las partes de la planta que contienen el pigmento al proceso de la extracción, pero en la actualidad existen técnicas eficientes como la disolución acuosa; sumergen las partes de la planta en agua caliente durante unos minutos para posteriormente filtrar y concentrar el líquido resultante. (México Histórico, s.f.).

(2006), el ANP alberga distintos tipos de flora como el seibadal, la duna costera, los petenes, los manglares, el pastizal inundable, entre otros; además, la Reserva cuenta con un total de 606 especies, de las cuales 75 son invertebrados y el resto vertebrados. Una imagen de la Reserva Estatal “El Palmar” se muestra en la Figura 1.8.



Figura 1.8. Reserva Estatal “El Palmar”
Fuente: Canal Drones México, 2017

CAPÍTULO 2

DESARROLLO URBANO

En este segundo capítulo se aborda principalmente la normatividad en el desarrollo urbano, abarcando Leyes y Programas de Ordenamiento Territorial aplicables en el estado de Yucatán. Se menciona la función y clasificación de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs), haciendo énfasis en las correspondientes a Sisal, y se detallan las principales características de estas unidades.

Se muestran las principales actividades compatibles y las unidades de actividades económicas en Sisal. Posteriormente, se menciona la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGMySV) destacando su objetivo y abordando el tema del derecho a la movilidad. Finalmente, se aborda la expansión urbana de Sisal, destacando el tipo principal de expansión ocurrido. En este contexto, se abordan los impactos sociales, económicos y ambientales, tanto positivos como negativos.

2.1. NORMATIVIDAD EN DESARROLLO URBANO

A continuación, se presentan siete normativas para el desarrollo urbano sostenible en Sisal, que buscan promover un crecimiento ordenado y equilibrado en la localidad.

2.1.1. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán (LAHOTDUY)

La Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Yucatán (LAHOTDUY) es la encargada de fijar las normas básicas e instrumentos de gestión con el objetivo de planear, regular y ordenar los asentamientos humanos, creando un modelo urbano capaz de afrontar los desafíos presentes y futuros de Yucatán, así como controlar y vigilar las reservas ecológicas, y las zonas de alto riesgo dentro de estas reservas (DOGEY, 2023a).

Los principales problemas que aborda la LAHOTDUY, derivados de la mancha urbana son:

- El desorden y la degradación urbana
- La falta de planificación
- La ausencia de herramientas adecuadas para una correcta gestión del territorio

Además de abordar los principales problemas derivados de la mancha urbana, la LAHOTDUY también establece lineamientos clave para la movilidad en los asentamientos humanos. El DOGEY (2023a), menciona que, con el objetivo de garantizar una movilidad eficiente, segura y sostenible, la LAHOTDUY reconoce la importancia de un sistema integral, es decir, conjuntar el transporte público y privado, la infraestructura vial, y todos los servicios necesarios para facilitar la interacción conjunta de estos elementos, permitiendo así el desplazamiento eficiente de personas y bienes, por lo que, para garantizar una movilidad adecuada, se debe considerar lo estipulado en la LAHOTDUY y, de manera complementaria, las siguientes disposiciones:

- Cumplir con la jerarquía de movilidad establecida por la LGMySG (Ver Figura 3.1)
- Asegurar la accesibilidad para todos y la seguridad vial
- Priorizar la inversión pública en el desarrollo de la movilidad
- Promover una distribución equitativa del espacio público, incluyendo las vialidades
- Diseñar una estructura urbana que reduzca las distancias, minimice la frecuencia de los viajes y fomente desplazamientos más eficientes, sin importar el modo de transporte
- Planificar el sistema de movilidad, asegurando la máxima conexión entre las vialidades, los medios de transporte, y los puntos de origen y destino

- Priorizar la mejora y consolidación de la infraestructura para la movilidad no motorizada
- Proveer servicios de transporte público que cumplan con altos estándares de calidad, seguridad y eficiencia
- Planificar rutas de transporte público de personas, asegurando su circulación en la red vial primaria

2.1.2. Ley de Procuración de Justicia Ambiental y Urbana del Estado de Yucatán (LPJAUY)

Tal como lo indica el DOGEY (2023), la Ley de Procuración de Justicia Ambiental y Urbana del Estado de Yucatán (LPJAUY) supervisa la protección del medio ambiente y previene delitos ambientales y urbanos, y en conjunto, la LAHOTDUY y la LPJAUY forman un marco normativo que busca equilibrar el crecimiento urbano descontrolado con la protección y la preservación del medio ambiente.

Sisal presenta desafíos ambientales coincidentes a los mencionados en la LPJAUY. Tal es el caso de la contaminación de cuerpos de agua como la ciénega, consecuencia de que el 5% de las viviendas y sus habitantes realizan fecalismo al aire libre, generando contaminación y afectando a la salud pública (DOGEY, 2018). Además, al ser una localidad de pescadores y no contar con un reglamento para las embarcaciones y sin dejar a un lado a los turistas y la población en general, se genera una gran cantidad de residuos y contaminación que van a dar a lo largo de toda la localidad y en cuerpos marinos ya que, no existen basureros ni contenedores donde se pueda llevar a cabo la recolección y disposición de residuos y, esta situación de la contaminación se agrava aún más por los rellenos en la ciénega y las aguas residuales de los servicios sanitarios (DOGEY, 2018).

Como medida de prevención y mitigación de estos problemas, la LPJAUY y otros programas buscan moderar el crecimiento descontrolado en el municipio protegiendo paralelamente al medio ambiente (DOGEY, 2023).

2.1.3. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY)

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) es un instrumento de planeación que se basa en información técnica y científica, cuyo objetivo es llevar a cabo la regionalización ecológica del territorio costero del estado de Yucatán, identificando áreas de atención prioritaria (DOGEY, 2014). Algunas de las estrategias ecológicas necesarias que incluye el POETCY son las siguientes:

- Promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- Orientar la ubicación de las actividades productivas y los asentamientos humanos.
- Fomentar el mantenimiento de los servicios ambientales.
- Promover el desarrollo sustentable resolviendo los conflictos ambientales.
- Fomentar que las autoridades, personas y empresas incluyan el cuidado del medio ambiente en los programas, proyectos o actividades.

La aplicación del POETCY pretende procurar, erradicar o prevenir problemas ambientales tales como la sobreexplotación en las pesquerías, la pérdida de diversidad biológica por sobreexplotación del uso del suelo, la fragmentación del hábitat generada por la infraestructura vial y la contaminación del manto freático por las actividades realizadas en la costa en el interior del estado (DOGEY, 2014).

2.1.4. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY)

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY) es de uso obligatorio en todos los municipios de Yucatán, cuyo principal objetivo es la regulación y el aprovechamiento de los recursos naturales, los usos del suelo, las actividades productivas y el crecimiento urbano, para preservar los recursos naturales y el medio ambiente. Además, el POETY se encarga de la zonificación funcional, buscando disminuir las desigualdades territoriales y sociales para proporcionar a los habitantes una mejor calidad de vida (DOGEY, 2023b).

Aunado a esto, mediante el POETY se implementa el *Modelo de Ocupación del Territorio*; cuyo objetivo es igualar y guiar el desarrollo sostenible con el desarrollo económico y social. Este modelo propone tipos de uso y utilización del territorio, estableciendo criterios y políticas ambientales para la protección, conservación, restauración y aprovechamiento de los recursos naturales a mediano y largo plazo (DOGEY, 2023b).

2.1.4.1. Unidades de Gestión Ambiental

Se han delimitado unidades territoriales, a las cuales se les han aplicado políticas y estrategias ambientales con el objetivo de ayudar al desarrollo sostenible de la región; es decir, vivir el presente sin comprometer las oportunidades de las generaciones futuras, a éstas se le denomina Unidades de Gestión Ambiental o UGAs (DOGEY, 2023b). Las UGAs pueden ser divididas con base en las características económicas, sociales y culturales de los habitantes, o bien por la presencia de conflictos ambientales. A partir de esa información recabada de la división de las unidades y con el *Modelo de Ordenamiento Territorial*, en total, el POETY clasificó y delimitó 119 UGAs para Yucatán, de las cuales 18 son correspondientes a Áreas Naturales Protegidas (ANP) y 101 al resto del territorio (DOGEY, 2023b).

Con esta clasificación (Ver Figura 2.1), a Sisal le corresponden tres UGAs con una pauta de protección ya que, la localidad está ubicada dentro de dos ANP: El Palmar y la Ciénegas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán (CMCNY). Por lo tanto, el desarrollo urbano dentro de la localidad debe asegurar la preservación de su entorno natural y apearse a los lineamientos ambientales correspondientes.

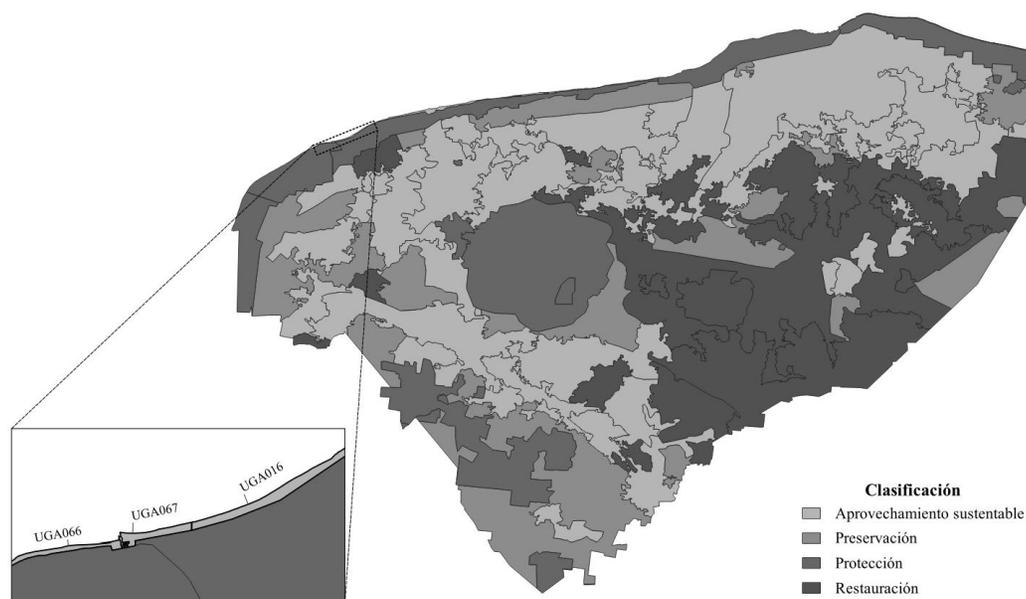


Figura 2.1. Clasificación de las UGAs de Yucatán en el POETY
Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOGEY, 2023b

La UGA-067 abarca la zona más urbanizada de la localidad, la UGA-016 colinda con la reserva ecológica de Ciénegas y Manglares de la costa norte y la UGA-066 limita con la reserva ecológica El Palmar. Estas unidades engloban Sisal y deben seguir una política de aprovechamiento sustentable (APROV), además de los criterios y lineamientos establecidos dentro de su ficha correspondiente, en la Bitácora Ambiental del POETY (BAPOETY). La Tabla 2.1 muestra los criterios que se deben de seguir en cada UGA perteneciente a Sial.

Tabla 2.1. Criterios de las UGAS de Sisal de la BAPOETY

UGA	Criterio	Observaciones
UGA-067-APROV-HUN	Promover un aprovechamiento sustentable en 0.018 kilómetros cuadrados (km ²) para el desarrollo de actividades compatibles y propiciar un establecimiento ordenado de los asentamientos humanos, en zonas que cuenten con los servicios básicos (servicio de agua, drenaje, luz y vías de comunicación), para lograr una movilidad sustentable dentro de la localidad.	Cuenta con una extensión de 1.31 km ² , de los cuales el 10% permanece sin uso respecto a los asentamientos humanos, y el 95.42% de su área total requiere atención inmediata debido a su deterioro.
UGA-016-APROV-HUN	Ocupar únicamente un área de 0.339 km ² para el desarrollo de actividades compatibles .	Cuenta con una extensión de 4.74 km ² , de los cuales aproximadamente 0.15 km ² están ocupados por asentamientos humanos, destacando las viviendas para servicio de alojamiento.
UGA-066-APROV-HUN	Ocupar únicamente un área de 0.084 km ² para el desarrollo de actividades compatibles .	Cuenta con un área de 1.48 km ² , de los cuales el 2.3% corresponde a los asentamientos humanos destinados a servicios de alojamiento turístico.

Fuente: BAPOETY, 2024

Los usos del suelo hacen referencia a las diversas actividades compatibles que se llevan o pueden llevarse a cabo en un territorio específico (Ver Tabla 2.2). Con ello, el estado de Yucatán regula las principales actividades económicas orientadas al uso adecuado de los recursos y la protección del medio ambiente (DOGEY, 2023b).

Tabla 2.2. Principales actividades compatibles en el Estado de Yucatán del POETY

Actividad	Clave	Definición
Acuicultura de agua dulce	ACUA_D	Infraestructura y servicios necesarios para la cría y engorda de especies de agua dulce en tierra firme.
Acuicultura salobre	ACUA_S	Infraestructura y servicios necesarios para la cría y engorda de especies de agua salobre en tierra firme.
Agricultura tecnificada	AGR_TEC	Agricultura comercial en grandes extensiones que utiliza infraestructura de riego y diversas tecnologías, como maquinaria, agroquímicos y semillas.

Agricultura extensiva	AGR_EXT	Agricultura comercial en grandes extensiones que depende de la precipitación pluvial y utiliza diversas tecnologías, como maquinaria, agroquímicos y semillas.
Apicultura	API	Crianza y cuidado de abejas, tanto con aguijón como sin aguijón, para obtener productos como miel, jalea, propóleo, cera y polen.
Asentamientos humanos	AH	Creación de nuevos centros poblacionales en áreas donde se puede aprovechar la infraestructura y los servicios existentes, evitando la expansión urbana desordenada.
Energía eólica	EEO	Generación de energía eléctrica utilizando la energía del viento, a través de la construcción de parque eólicos que instalan generadores con una capacidad superior a 0.5 Mega Watts (MW)
Energía fotovoltaica	EFOT	Generación de energía eléctrica a partir de la energía solar, a través de centros que tiene una capacidad instalada superior a cinco MW.
Forestal	FOREST	Actividad en áreas con vegetación forestal o secundaria nativa que genera bienes y servicios forestales, los cuales pueden ser aprovechados tanto de manera maderable como no maderable.
Industrial	IND	Industria ligera, que incluye el desarrollo de tecnología, manufactura, almacenamiento, y actividades de apoyo a la industria mediana y pesada, así como a la agroindustria.
Infraestructura	INFRA	Obras e instalaciones que proporcionan servicios a comunidades o sectores productivos, adaptadas al crecimiento poblacional.
Milpa maya	MILPAM	Sistema agroforestal tradicional que consiste en un policultivo de maíz, frijol, calabaza, etc. Además, incluye diversas actividades productivas para la economía familiar, como huertas de traspatio, crianza de animales para autoconsumo y actividades artesanales.
Minería no metálica	MIN_NOM	Extracción de sustancias que no están reservadas para la federación y que se comercializan, incluyendo la extracción de material pétreo y sal.
Pecuario bovino	PEC_BOV	Sistema de producción agropecuaria dedicado a la cría y engorda de ganado bovino, o a la obtención de leche.
Pecuario avícola	PEC_AV	Sistema de producción agropecuaria enfocado en la cría de aves de corral, como pollos y pavos.
Pecuario porcino	PEC_PORC	Sistema de producción agropecuaria dedicado a la cría y engorda de ganado porcino, que se lleva a cabo en granjas cerradas de más de 5,000 m ² .
Pesca	PESCA	Infraestructura y servicios necesarios para la actividad dentro de una franja de análisis de 20 km a partir de la línea de la costa.
Turismo convencional	TUR_CONV	Turismo masivo, cuyo objetivo es el descanso o el placer. Los principales destinos incluyen ciudades, playas turísticas, zonas arqueológicas, museos y lugares icónicos.
Turismo de naturaleza	TUR_NAT	Actividades recreativas de bajo impacto, que requieren menos infraestructura y servicios. Incluye actividades en contacto directo con la naturaleza, como el turismo de aventura, ecoturismo, aviturismo y turismo comunitario.
Turismo de sol y playa	TUR_SOL	Turismo enfocado en el uso de zonas de playa para esparcimiento y recreación, sin necesidades de obras o instalaciones para alojamiento.

Fuente: DOGEY, 2023b

2.1.4.2. Clasificación de los usos del suelo

Con base en el POETY los usos del suelo en el territorio, según las características del área y las políticas de cada UGA, se clasifican en tres categorías (DOGEY, 2023b):

- Uso compatible (C): Son aquellas actividades que pueden desarrollarse sin restricciones significativas, ya que no generan conflictos con otros usos del territorio y respetan el equilibrio ecológico.
- Uso condicionado (COND): Son usos que pueden realizarse, pero bajo ciertas condiciones específicas. Si no se cumplen estas condiciones, podrían surgir conflictos con otros usos compatibles o comprometer la sostenibilidad de los recursos naturales del área.
- Uso incompatible (INC): Son actividades que no son adecuadas para el territorio debido a sus características o por el impacto que pueden tener sobre los recursos. Estas actividades pueden reducir la capacidad de los bienes y servicios ambientales del área y generar conflictos con otros sectores que están considerados como compatibles o condicionados.

Para asegurar un control adecuado de las actividades compatibles, de acuerdo con el tipo de suelo en cada UGA de Sisal, el POETY establece una serie de condicionantes y regulaciones, las cuales se encuentran en los *criterios ecológicos*, y deben ser seguidas por cualquier proyecto de obra o actividad que se desarrolle dentro de cada unidad.

Para supervisar el cumplimiento de estos criterios, se consideran las actividades detalladas en la Tabla 2.3, la cual proporciona una lista de las principales actividades reguladas y sus respectivas condiciones.

Tabla 2.3. Principales actividades compatibles en Sisal del POETY

	UGA-016	UGA-066	UGA-067
ACUA D	C	C	C
ACUA_S	C	C	C
AH	COND	COND	C
FOREST	COND	COND	-
INFRA	COND	COND	C
MIN_NOM	-	-	C
PESCA	COND	COND	COND
TUR_CONV	COND	COND	C
TUR_NAT	C	C	C
TUR_SOL	C	C	C

Fuente: DOGEY, 2023b

2.1.5. Programa Estatal de Desarrollo Urbano de Yucatán (PEDUY)

La planificación territorial del estado de Yucatán se basa en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano de Yucatán (PEDUY), cuyo principal objetivo es orientar el proceso de la planificación, la construcción y el diseño de espacios en áreas urbanas con un enfoque sostenible a largo plazo, para así mejorar la calidad de vida de los habitantes (DOGEY, 2024). En este sentido, el PEDUY se estructura de cuatro niveles:

1. antecedentes,
2. estratégico,
3. normativo e
4. instrumental.

En el segundo nivel (estratégico) se proponen soluciones orientadas a los problemas derivados del desarrollo urbano, a través de propuestas o programas como la Red Estratégica de Movilidad, la cual es una propuesta que busca establecer y dar prioridad a la infraestructura vial con el objetivo de mejorar la movilidad dentro del estado de manera regional, intrarregional, interregional e internacional, mediante el desarrollo de infraestructuras portuarias, aéreas, ferroviarias y viales, implementando nuevos modelos de movilidad sustentable, asequibles y eficientes (DOGEY, 2024).

En cuanto al nivel normativo, el PEDUY establece 20 Normas de Ordenamiento Territorial (NOT) las cuales decretan las principales reglas fundamentales para una planificación urbana ordenada, entre las que destacan las siguientes:

- La NOT PEDUY-002
- La NOT PEDUY-004
- La NOT PEDUY-007
- La NOT PEDUY-009

La NOT PEDUY-002 define los usos y las actividades que pueden ser realizadas en el territorio (Ver Figura 2.2), con previa autorización de la autoridad competente (DOGEY, 2024). Sin embargo, pese a estas regulaciones, Sisal enfrenta problemas respecto a la disposición y aprovechamiento territorial. El PEDUY, menciona que (DOGEY, 2018):

Desde 1990 la cantidad de viviendas se ha quintuplicado, ya que entonces había sólo 294 casas en Sisal (INEGI, 1990), lo que hace notar el rápido crecimiento del poblado sobre una superficie limitada, esto ha hecho que el poblado adquiera una forma alargada entre la costa y la ciénaga. Muchas viviendas de gente local han sido construidas sobre la ciénaga, ocupando área federal y generando el problema de falta de espacio [...].



Figura 2.2. Actividades para el aprovechamiento territorial, PEDUY-002

Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOGEY, 2024

Por ejemplo, según el INEGI (2024), se registraron un total de 186 unidades de actividades económicas en Sisal, pero al realizar un levantamiento virtual de estas unidades a través de Google Earth, se registraron 551 unidades de actividades económicas en la localidad (Ver Figura 2.3).

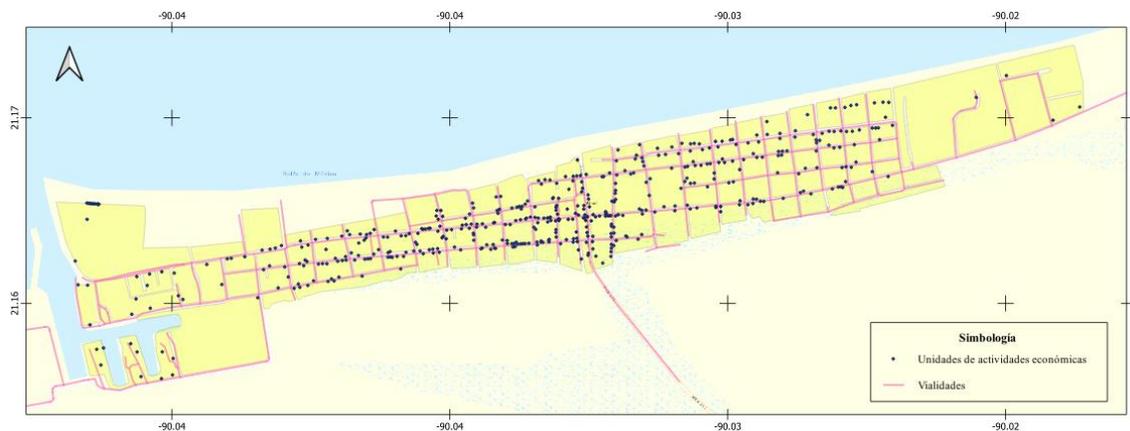


Figura 2.3. Unidades de actividades económicas en la zona urbana de Sisal
Fuente: Elaboración propia con información tomada del levantamiento virtual mediante Google Earth, 2024

La NOT PEDUY-004 regula la compatibilidad de las actividades dentro de las áreas urbanizadas⁴ y/o urbanizables⁵, garantizando que sean compatibles entre sí y no generen conflictos a largo plazo (DOGEY, 2024). Esta NOT es particularmente relevante en sectores como el turismo, una de las actividades que más contribuye al desarrollo económico de Yucatán. Según un informe de la Secretaría de Fomento Turístico (SEFOTUR, 2024), Yucatán registró 204,759 visitas a sus principales centros turísticos, lo que generó una ocupación hotelera de 52.1%. No obstante, el auge del turismo ha traído consigo un desafío para la sostenibilidad de las áreas naturales, ya que la creciente demanda de infraestructura ha impulsado la generación de nuevos proyectos en zonas rurales, lo que ha llevado a un incremento en la construcción de hoteles, restaurantes y otros servicios (Hau, 2023). Según Babinger (2012), la expansión de la actividad turística ha transformado las actividades económicas y el uso del suelo, particularmente en las áreas costeras.

Para un mejor control y planificación en estas áreas, el PEDUY clasifica la región costera en tres zonas principales, lo que facilita una gestión más adecuada para proteger los ecosistemas marinos y terrestres (DOGEY, 2024):

- 1) Sector marítimo-terrestre: Incluye las áreas urbanizadas cercanas a la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT).
- 2) Sistema de Ciénegas y Manglares: Zonas prioritarias para la conservación de ecosistemas.
- 3) Zona de influencia costera: Comprende áreas dentro de los 20 km definidos en el POETCY, excluyendo las dos zonas anteriores.

Con la clasificación de estas tres zonas, la NOT PEDUY-007 establece lineamientos específicos sobre el uso del suelo en estas áreas, con el objetivo de proteger los entornos naturales, estos lineamientos incluyen restricciones en actividades que puedan afectar negativamente al medio ambiente, como la prohibición de asentamientos humanos y actividades productivas de alto impacto en dunas, humedales costeros y manglares y en las áreas cercanas a cuerpos de agua (DOGEY, 2024).

La NOT PEDUY-009 establece los lineamientos específicos para el ordenamiento de los asentamientos humanos y vivienda en el territorio, menciona que, se debe promover la creación de redes de movilidad regional, metropolitana y municipal, cuidando la jerarquía actual o futura de las vialidades, con el

⁴ Las áreas urbanizadas son los territorios ocupados por los asentamientos humanos con redes de infraestructura, equipamientos y servicios (DOGEY, 2024).

⁵ Las áreas urbanizables son los territorios destinados al crecimiento urbano contiguo a los límites del área urbanizada (DOGEY, 2024).

objetivo de utilizar los derechos de vía para el establecimiento de infraestructura vial, promoviendo una estructura urbana que fomente la movilidad en distancias cortas (DOGEY, 2024).

En Sisal, las NOT PEDUY-004, PEDUY-007 y PEDUY-009 establecen los lineamientos para el ordenamiento territorial en relación con los servicios y el turismo (DOGEY, 2024), sin embargo, algunas actividades compatibles, como el turismo, los asentamientos humanos, la infraestructura urbana y las actividades de tipo habitacional, no han cumplido en su totalidad los lineamientos establecidos por dichas normas, lo que resalta la necesidad urgente de implementarlas de manera efectiva. Tal como lo señala Beltrán (2022), la construcción de hoteles y fraccionamientos exclusivos está generando una sobreproducción de residuos sólidos y contribuyendo a la destrucción de los manglares y dunas costeras.

Finalmente, de acuerdo con el PEDUY, el nivel instrumental menciona los mecanismos, las herramientas y los procedimientos necesarios para la planeación urbana, cuyo objetivo es identificar los sistemas, procesos, recursos, medios y corresponsabilidades (DOGEY, 2024). Este instrumento de movilidad pretende fortalecer la movilidad regional, proponiendo acciones enfocadas al transporte público, la conectividad vial, la infraestructura y la movilidad peatonal. Por ejemplo, los instrumentos de regulación al transporte público de la Zona Metropolitana de Mérida (ZMM) son los siguientes:

- Auditorias e inspecciones viales
- Concesión de transporte público
- Medidas de seguridad en materia de servicio de transporte
- Denuncia ciudadana
- Inspecciones
- Transparencia e información de fácil acceso

2.1.6. Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Hunucmá

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Hunucmá es un instrumento fundamental para la planificación y el ordenamiento del crecimiento urbano en el municipio, y debe alinearse con las leyes federales y estatales que regulan el desarrollo urbano, el uso del suelo y la preservación ambiental, tales como el POETY y el POETCY (DOGEY, 2011).

Los objetivos principales del PMDU de Hunucmá incluyen la integración de las localidades del municipio al Sistema Urbano Municipal, promoviendo un desarrollo sustentable y un crecimiento equilibrado en conjunto con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), a través del Sistema Normativo de Equipamiento Urbano, que, mediante manuales y lineamientos, busca garantizar la provisión adecuada del equipamiento urbano necesario (DOGEY, 2011).

Aunque el PMDU de Hunucmá menciona mejoras en la vialidad y el transporte a corto, mediano y largo plazo, en Sisal no se han registrado cambios importantes en las vialidades principales y secundarias ya que, como lo menciona Beltrán (2022), desde:

[...] noviembre de 2021, Edna Marisa Franco, alcaldesa del partido Morena que gobierna Hunucmá, municipio al que pertenece Sisal, anunció la repavimentación de trece calles. Cuatro meses después, solo una vialidad, además de la calle principal, se encuentra en buen estado.

El desarrollo urbano y el ordenamiento territorial descrito en el PMDU, carece de lineamientos detallados sobre la gestión del transporte y la infraestructura vial (DOGEY, 2011). Esta ausencia de lineamientos subraya la necesidad urgente de desarrollar o adoptar nuevas regulaciones que aborden la movilidad urbana de manera adecuada, con el fin de garantizar un desarrollo urbano más cohesivo y eficiente, que pueda satisfacer tanto las necesidades actuales como las futuras del municipio.

2.1.7. Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGMySV)

La Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGMySV) es de carácter público, por ende, debe aplicarse en todo el país, basándose en la movilidad y seguridad vial establecidos en los artículos cuatro y 73, fracción XXIX-C de la Constitución Mexicana. La LGMySV establece lineamientos para asegurar que todas las personas tengan el derecho a moverse de manera accesible, eficiente, sostenible, con calidad, inclusión e igualdad, lo que permite que todas las personas puedan elegir libremente la manera de desplazarse con el fin de acceder a los bienes y servicios que otorgan los distintos centros de población (DOF, 2023).

La LGMySV considera que la seguridad vial es de suma importancia ya que, es el conjunto de lineamientos para prevenir accidentes de tránsito y reducir el riesgo de lesiones y muertes, en conjunto con la planeación, el diseño y la implementación de planes y programas sobre la movilidad (DOF, 2023).

A pesar de los lineamientos establecidos en la LGMySV, en Sisal la infraestructura vial y la señalización son insuficientes. El deterioro de las calles y la escasa infraestructura peatonal dificultan que los habitantes y visitantes puedan desplazarse de manera eficiente y segura, tal como lo estipula la Ley. Además, la infraestructura vial no recibe la atención adecuada en los planes y programas locales. Este tema se aborda con mayor profundidad en el CAPÍTULO 3.

2.2. EXPANSIÓN URBANA Y SUS POSIBLES IMPACTOS

Según Decología (2019), la expansión urbana o urbanización es el proceso en el que la población se traslada desde pueblos y ciudades densamente poblados hacia desarrollos residenciales de baja densidad, ocupando cada vez más tierras rurales. Decología también señala que este fenómeno se está observando en muchas ciudades alrededor del mundo, impulsado por el constante crecimiento poblacional. Un ejemplo de ello es Sisal, que ha experimentado un auge en la expansión de su mancha urbana, lo que resalta la importancia del estudio de este proceso.

En México, la expansión urbana se ha convertido en uno de los principales retos, ya que el surgimiento de asentamientos humanos irregulares en áreas suburbanas ha generado una mayor demanda de los servicios básicos como agua potable, energía eléctrica, alcantarillado y pavimentación (Félix, 2015).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) menciona que la población mundial está concentrándose cada vez más en las ciudades, y se proyecta que para el año 2030, el 60% de la población vivirá en áreas urbanas (ONU, 2022). Esta rápida urbanización ha generado un aumento de habitantes en espacios rurales, lo que genera problemáticas en los servicios esenciales como la recolección de residuos, los sistemas de agua y saneamiento, resultando en un crecimiento urbano descontrolado (González & García, 2024).

2.2.1. Tipos de expansión urbana

Schuster, et al. (2023) señala que la expansión urbana se caracteriza por dos tipos principales de distribución territorial:

- La vertical: se desarrolla dentro de los límites de las zonas urbanas consolidadas
- La horizontal o expansión dispersa: se extiende fuera de los límites de las áreas urbanizadas.

Esta última distribución de crecimiento ha sido predominante en las metrópolis latinoamericanas desde la década de los sesenta (Schuster, et al., 2023).

NeoArquitectos (2017) define al crecimiento vertical como al aumento en la altura de las construcciones, lo cual es una solución común en áreas con escasez de espacio, y menciona que este tipo de crecimiento

responde al incremento de la demanda de vivienda y servicios en zonas densamente pobladas. Mientras que Félix (2015) menciona que el crecimiento vertical se considera un modelo que maximiza el uso del suelo, facilitando la provisión de servicios básicos de infraestructura sin requerir la expansión territorial y además, es sustentable ya que consume menos suelo, materiales y respeta al medio ambiente.

Sin embargo, la urbanización vertical, aunque aprovecha el uso del espacio, no es adecuada para todo tipo de entorno y la alta densidad poblacional que genera puede agravar problemas como la congestión urbana, la sobrecarga de los servicios públicos y la necesidad de una planificación urbana más eficiente (Félix, 2015).

Según López (2021) la expansión urbana horizontal “se expande sobre la superficie terrestre hacia la periferia del área urbana, caracterizándose por el grado de dispersión que presenta”. Este tipo de crecimiento tiene graves consecuencias, como la pérdida de tierras agrícolas y forestales, la disminución de la biodiversidad y el incremento de la segregación socioespacial, además, genera conflictos en las comunidades debido a la falta de acceso a servicios básicos, educación y atención médica (Schuster, et al., 2023).

En Sisal, la expansión urbana presenta un patrón mixto, combinando el crecimiento vertical con el horizontal, como ha sido confirmado mediante un recorrido virtual a través de Google Street View y de Google Earth. Las nuevas construcciones se han extendido hacia las colindancias de las áreas más urbanizadas (UGA-016 y UGA-066), donde se concentra la mayor parte de la infraestructura turística, dispersándose de manera irregular. Este desarrollo mixto plantea nuevos desafíos, como la necesidad de mejorar la planificación urbana y la movilidad de los habitantes.

En la UGA-067, situada en la zona costera, se observa una expansión vertical, impulsada por la construcción de viviendas y servicios turísticos, como hoteles y palapas, especialmente demandados en temporada vacacional. Sin embargo, este tipo de crecimiento en áreas costeras puede tener un fuerte impacto ambiental, por lo que es crucial seguir los lineamientos mencionados en el subtema 2.1.

La Figura 2.4 ofrece una representación de cómo ha crecido esta zona. Este crecimiento ha sido impulsado principalmente por el aumento en la demanda turística y las inversiones en infraestructuras asociadas a este sector (DOGEY, 2018). Aunque el auge del turismo ha promovido la construcción de nuevos hoteles, restaurantes y comercios locales, también ha tenido importantes consecuencias ambientales. Según Hau (2022), este crecimiento ha traído consigo consecuencias como la devastación de 19,643 metros cuadrados (m²) de manglar, lo que representa un impacto ecológico considerable. Este daño ha ocurrido principalmente debido a que las construcciones se han concentrado en las zonas colindantes con el área más urbanizada, especialmente en la UGA-016, donde se encuentran una gran parte de los servicios de alojamiento, como hoteles y residencias.



Figura 2.4. Expansión urbana en Sisal
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2024

2.2.2. Impactos sociales y económicos

Greenfield (2024) señala que la expansión urbana tiene un impacto complejo en la sociedad y la economía, afectando las oportunidades de empleo, la accesibilidad a la vivienda y la cohesión social; además, la rápida urbanización descontrolada deteriora la infraestructura y los servicios públicos, lo que requiere políticas de planificación inclusivas que prioricen el bienestar social, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico de los residentes locales.

La segregación espacial es una de las consecuencias de la expansión urbana, perpetuando desigualdades y exclusión social; ya que las personas con poder adquisitivo tienden a ubicarse en zonas rurales, mientras que la población nativa vive en zonas urbanas menos favorecidas, y, en consecuencia, las inversiones se dirigen a áreas de alto poder adquisitivo, dejando atrás a las comunidades que más las necesitan (Gaviria, 2009).

No obstante, el crecimiento urbano puede presentar beneficios, por ejemplo, las ciudades con baja densidad poblacional pueden experimentar menos congestión vehicular (Félix, 2015). Además, Molina (2023) menciona que la urbanización impulsa el desarrollo económico al atraer recursos y crear un entorno propicio para el crecimiento, lo que aumenta la mejora en el transporte y los servicios básicos debido al aumento de la oferta laboral.

El turismo, en este contexto, puede ser un motor de desarrollo social sostenible en la comunidad ya que, la llegada de nuevos residentes y habitantes temporales enriquece la diversidad cultural y social, sin embargo, también presenta desafíos, como la sobrepoblación y la degradación de ecosistemas naturales, como los de las ciénegas y manglares (DOGEY, 2018).

Por lo tanto, es de suma importancia implementar los lineamientos descritos en el subtema 2.1 para fomentar una expansión urbana equilibrada. Esto incluye inversiones en transporte público, incentivos para el desarrollo de viviendas asequibles en áreas estratégicas y la promoción de la cohesión social. Solo de esta manera se podrá garantizar que los beneficios de la urbanización se distribuyan equitativamente y se mitiguen los efectos negativos.

2.2.3. Impactos ambientales

Como señala Cantú (2024), en su artículo titulado “La expansión urbana (in)sustentable”, los impactos de la expansión urbana sobre las áreas naturales son notables, debido a varios factores:

- El crecimiento descontrolado de las ciudades ejerce una presión sobre los ecosistemas y la biodiversidad.
- La creciente actividad urbana contribuye a la contaminación atmosférica.
- La expansión urbana altera la estructura ambiental del territorio, afectando elementos como la orografía y la hidrografía.

Esta alteración se manifiesta en la:

- Fragmentación de hábitats naturales.
- Disminución de los espacios abiertos.
- Alteración de la calidad ambiental.

Además, Cantú (2024) destaca que el aumento de la superficie impermeable, causado por la pavimentación de más avenidas, provoca un incremento del escurrimiento superficial, lo que altera el ciclo hidrológico del agua. Otro impacto significativo es la contaminación del suelo y de las corrientes de agua, provocada por la disposición inadecuada de residuos, resultado de la insuficiencia de sistemas eficientes de servicios básicos en las áreas urbanizadas (López, 2021).

Por su parte, Félix (2015), señala que la expansión urbana se extiende cada vez más lejos del centro de las ciudades, lo que exige una mayor inversión en infraestructura urbana, incluyendo la construcción de nuevas vías de comunicación, sistemas de drenaje, alumbrado público, y mejoras en los servicios de seguridad, lo que a su vez incrementa tanto los costos como el consumo de energía.

En Sisal, estos impactos negativos son especialmente visibles en las zonas costeras, donde la creciente demanda de vivienda y servicios ha llevado a la conversión de tierras naturales y agrícolas en áreas urbanizadas. Este proceso ha resultado en la pérdida de biodiversidad y hábitats naturales, la degradación de suelos y agua subterránea, el aumento de la contaminación atmosférica, cambios en el clima local, el incremento en la generación de residuos sólidos, y la insuficiencia de servicios básicos.

Lo anteriormente mencionado es de suma importancia, ya que, la ONU estima que para 2050, el 68% de la población mundial vivirá en zonas urbanas (ONU, 2018). En este contexto, *“El Banco Mundial estima que las zonas urbanas cubrirán el 75% de la superficie terrestre de la Tierra para 2050, desplazando la vida silvestre y los ecosistemas”* (Greenfield, 2024).

La expansión urbana en Sisal está generando importantes impactos negativos en el medio ambiente, ya que, a medida que Sisal continúa creciendo, ocupa cada vez más suelo, invadiendo las ANP, proceso que no solo afecta negativamente al medio ambiente, sino que también perjudica a los habitantes (DOGEY, 2018).

Además, la situación se ve agravada porque las normativas y lineamientos establecidos para el desarrollo urbano en Sisal no se están aplicando de manera efectiva y correcta, lo que produce que la degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad continúen sin control, lo que a su vez afecta la calidad de vida de los habitantes y compromete la sostenibilidad a largo plazo de la región.

CAPÍTULO 3

DIAGNÓSTICO DE LA MOVILIDAD EN SISAL

En este tercer capítulo se abordan los temas de la infraestructura para el transporte incluyendo la infraestructura peatonal, ciclista y vial, con base en la Ley de Movilidad y Seguridad Vial del Estado de Yucatán (LMySVY) y la Norma Oficial Mexicana (NOM)-004-SEDATU-2023. Además, se muestra con detalle la jerarquía de movilidad y el tipo de intervención necesaria para la definición de las vías ciclistas.

Asimismo, se trata el tema de la señalización vertical, horizontal y de dispositivos diversos mencionando algunos requisitos establecidos por el Manual de Señalización y Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (MSyDCTCC) y se proporcionan algunos ejemplos de incumplimiento, deficiencias y mal mantenimiento de la señalización en la localidad. También se aborda el tipo y estado del pavimento en la localidad, así como los paraderos existentes.

Finalmente, se presentan los resultados de las encuestas realizadas por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Transporte y Logística (GIITRAL) del Instituto de Ingeniería, aplicadas a los conductores de vehículos de transporte público, pasajeros y transportistas de carga en la localidad.

3.1. INFRAESTRUCTURA PARA EL TRANSPORTE

La LMySVY menciona que la infraestructura vial, urbana, rural y carretera, se compone de elementos fundamentales tales como banquetas y espacios de circulación peatonal, así como carriles destinados a la circulación vehicular y estacionamiento, y elementos incorporados, que incluyen infraestructura auxiliar como mobiliario urbano, servicios eléctricos (alumbrado, generadores, transformadores, entre otros), áreas verdes y señalización adecuada (DOGEY, 2022).

Además de los elementos fundamentales e incorporados, es de suma importancia que la infraestructura vial contemple aspectos como la flexibilidad⁶ en su diseño e integre la vegetación, que no solo embellece su entorno, sino que también contribuye a la reducción de la contaminación del aire y al control del ruido generado por el tránsito vehicular (DOGEY, 2022).

Según la LMySVY, los proyectos de infraestructura deben contar con planeación, diseño e implementación, priorizando a las poblaciones con mayor vulnerabilidad, ya que una planificación adecuada en la infraestructura satisface las necesidades de movilidad de las personas, minimizando al mismo tiempo los impactos negativos en el medio ambiente, por ejemplo, integrar materiales ecológicos y el uso de energías renovables promueven un desarrollo urbano más sustentable (DOGEY, 2022).

Además, la infraestructura debe garantizar un acceso pleno e igualitario para todas las personas, tanto en zonas urbanas como rurales, mediante la identificación y eliminación de obstáculos y barreras; también se debe promover el uso de vehículos no motorizados, como una alternativa que fomente la salud pública y disminuya las emisiones de contaminantes, así como asegurar la interconexión entre diferentes modos de transporte (DOGEY, 2022).

Aunado a lo anterior, la LMySVY considera que la jerarquía de movilidad (Ver Figura 3.1) debe ser considerada como un componente fundamental de la infraestructura. (DOGEY, 2022).

⁶ El diseño de las vías públicas debe prever la capacidad de adaptarse a cambios en los requerimientos de su funcionamiento, para facilitar adecuaciones futuras a un bajo costo (DOGEY, 2022).

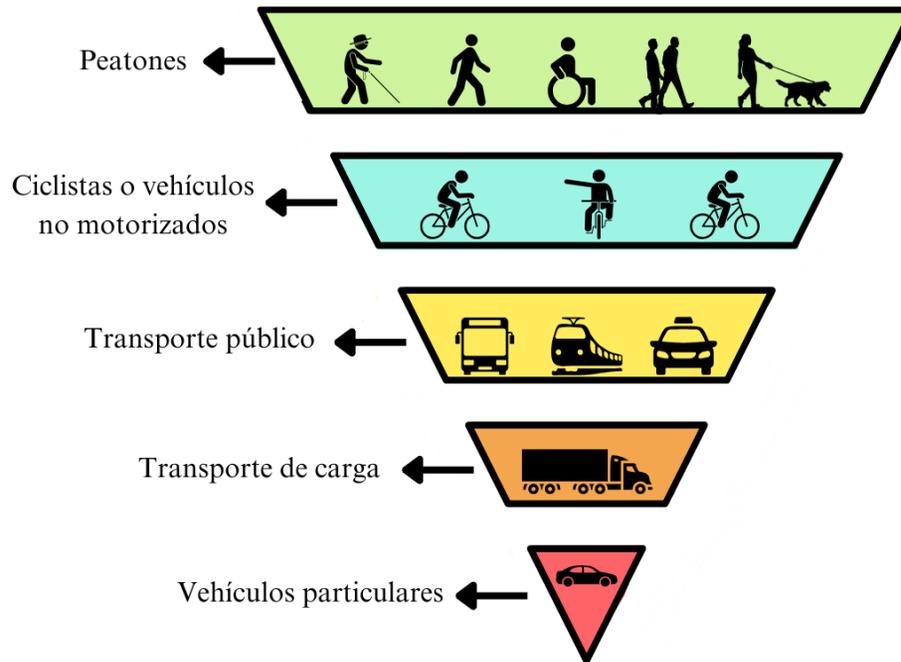


Figura 3.1. Jerarquía de movilidad

Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOGEY, 2022

3.1.1. Infraestructura peatonal

La NOM-004-SEDATU-2023 publicada en el Diario Oficial de la Federación menciona que las áreas de permanencia y de tránsito constituyen la infraestructura peatonal, la cual debe priorizar en su diseño la seguridad vial y ciudadana, generando una percepción de protección a través de la separación adecuada respecto a los vehículos motorizados, y asimismo, debe contar con espacios de circulación libres de obstáculos y tramos continuos que permitan un desplazamiento fluido para todas las personas, independientemente de su condición de discapacidad (DOF, 2024).

También la infraestructura peatonal debe, garantizar una experiencia positiva para los usuarios mediante un diseño fácilmente comprensible que oriente a los peatones a través de una red fluida, además debe incorporar pavimentos en óptimas condiciones y mobiliario urbano que permita el descanso durante el trayecto y elementos estéticos que generen un entorno agradable e interesante (DOF, 2024).

Un elemento primordial en la infraestructura peatonal son las banquetas, las cuales se definen como una:

“franja longitudinal que sirve para la circulación y estancia de personas peatonas, así como para el alojamiento de infraestructura, servicios, mobiliario urbano y vegetación, generalmente pavimentada y elevada con respecto al arroyo vial⁷, delimitada por éste y los linderos de los predios” (DOF, 2024).

El DOF (2024) indica que las banquetas se componen de una franja de guarnición, una franja de mobiliario o vegetación (espacio destinado para la colocación de señalización, mobiliario, vegetación y otros elementos de infraestructura), una franja de circulación peatonal y una franja de fachada, por lo que el ancho total de la banqueta estará determinado por la suma de la franja de circulación peatonal y la franja de guarnición, y se añadirán las otras franjas en función del uso y volumen peatonal.

⁷ Franja destinada a la circulación de los vehículos, excluyendo los acotamientos y las banquetas (DOF, 2024).

Con base en lo anteriormente mencionado, la Tabla 3.1 muestra los anchos mínimos recomendados para las franjas que integran la banqueta.

Tabla 3.1. Secciones mínimas de las franjas de la NOM-004-SEDATU-2023

Ancho de acera [m]	Franja de guarnición [m]	Franja de mobiliario o vegetación [m]	Franja de circulación peatonal [m]	Franja de fachada [m]
2.20	0.15	0.55	1.80	No aplica
2.21-4.0	0.15 a 0.30	0.55 a 0.80	1.80 a 2.75	0.05 a 0.30
4.01-7.00	0.15 a 0.40	0.80 a 2.75	2.75 a 3.50	0.30 a 0.60
7.01-10.00	0.15 a 0.40	2.75 a 3.65	3.50 a 5.00	0.60 a 1.20

Fuente: DOF, 2024

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, 2017) menciona que, el entorno urbano desempeña un papel fundamental en la movilidad peatonal, por lo que las características de las banquetas, con las dimensiones correctas (según el tipo de vía), son fundamentales para fomentar la movilidad peatonal; lo que no solo mejora la imagen urbana y el entorno social, sino que también contribuye a la salud física de los ciudadanos.

Con base en el levantamiento virtual de la infraestructura peatonal en Sisal, realizado a través de Google Earth, se identificó que solo la zona centro de la localidad y algunas áreas aledañas cuentan con banquetas, como se muestra en la Figura 3.2. En consecuencia, la escasez de banquetas en las demás áreas de la localidad obliga a los residentes a caminar por el arroyo vial, lo que se convierte en un riesgo tanto para los peatones como para los automovilistas.



Figura 3.2. Banquetas existentes en Sisal

Fuente: Elaboración propia con información tomada del levantamiento virtual mediante Google Earth, 2024

Aunado a esto, las rampas para personas con discapacidad son extremadamente limitadas. En ocasiones, también presentan una pendiente muy pronunciada y, cuando están presentes, a menudo se encuentran en condiciones inadecuadas. Estas rampas suelen estar obstruidas por postes u otros elementos que impiden el paso (Ver Figura 3.3), afectando el tránsito de todas las personas. El ancho de las banquetas,

en muchos casos es inferior a un metro (m), lo cual se convierte en un impedimento para el paso fluido, haciendo que el acceso a diversos puntos de la localidad sea incómodo y peligroso.



Figura 3.3. Banqueta obstaculizada y pendientes pronunciadas en la zona central de Sisal
Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

3.1.2. Infraestructura ciclista

La NOM-004-SEDATU-2023, define las vías ciclistas como:

Vía pública destinada al tránsito preferente o exclusivo de vehículos no motorizados en las calles o la que tenga un trazo independiente. Se dividen en: Vía ciclista compartida con personas peatonas⁸, Vía ciclista compartida con transporte público⁹, Vía ciclista con prioridad de uso¹⁰, Vía ciclista confinada¹¹, Vía ciclista delimitada¹² y Vía ciclista exclusiva de trazo independiente¹³ (DOF, 2024).

Para garantizar una infraestructura ciclista funcional, es necesario considerar las condiciones operativas descritas en la NOM-004-SEDATU-2023, tales como la velocidad de operación vehicular, el volumen vehicular y el tipo de intervención necesario para garantizar tanto la seguridad de los ciclistas como la fluidez del tránsito. La Tabla 3.2 resume las condiciones operativas para la definición de las vías ciclistas según la NOM-004-SEDATU-2023 (DOF, 2024).

⁸ Calle compartida para peatones y vehículos no motorizados, diseñada para una convivencia segura (DOF, 2024).

⁹ Carril exclusivo para vehículos no motorizados y transporte público, separado del tráfico automotor, a la derecha o izquierda en contraflujo (DOF, 2024).

¹⁰ Carril compartido para vehículos no motorizados, con señalización y control de velocidad. También conocido como carril ciclista (DOF, 2024).

¹¹ Carril exclusivo para vehículos no motorizados, separado del tráfico automotor. También conocido como ciclovía (DOF, 2024).

¹² Carril exclusivo para vehículos no motorizados, sin separación física. También conocido como ciclocarril (DOF, 2024).

¹³ Espacio exclusivo para vehículos no motorizados, aislado del tráfico motorizado y bidireccional (DOF, 2024).

Tabla 3.2. Condiciones operativas para definir las vías ciclistas de la NOM-004-SEDATU-2023

Tipo de vía	Velocidad de operación vehicular [km/h]	Volumen vehicular diario	Tipo de intervención
Calle terciaria	≤ 30	$\leq 4,000$	Vía ciclista con prioridad de uso (calle compartida)
Calle secundaria	≤ 40	$> 4,000$	Carril ciclista con prioridad de uso (carril compartido) y Vía ciclista delimitada (ciclocarril)
Calle secundaria	> 40	$> 4,000$	Vía ciclista exclusiva (ciclovía unidireccional con cordón de estacionamiento)
Calle principal	≥ 50	Irrelevante	Vía ciclista exclusiva (ciclovía unidireccional)
Calle principal (con presencia de transporte público)	≤ 50	Irrelevante	Vía ciclista exclusiva (ciclovía unidireccional) y Vía ciclista compartida con transporte público (carril bus-bici)
Vía de circulación continua (carriles laterales)	≤ 40	Irrelevante	Vía ciclista exclusiva (ciclovía unidireccional) y Vía ciclista compartida con transporte público (carril bus-bici)

Fuente: DOF, 2024

Las Figura 3.4, Figura 3.5, Figura 3.6, Figura 3.7, Figura 3.8 y Figura 3.9 muestran el tipo de intervención mencionado anteriormente.

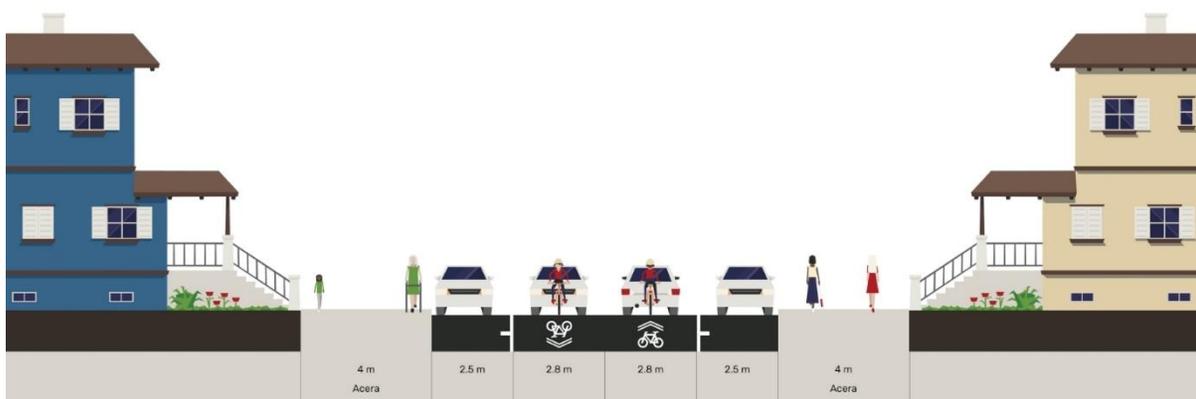


Figura 3.4. Calle compartida

Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024

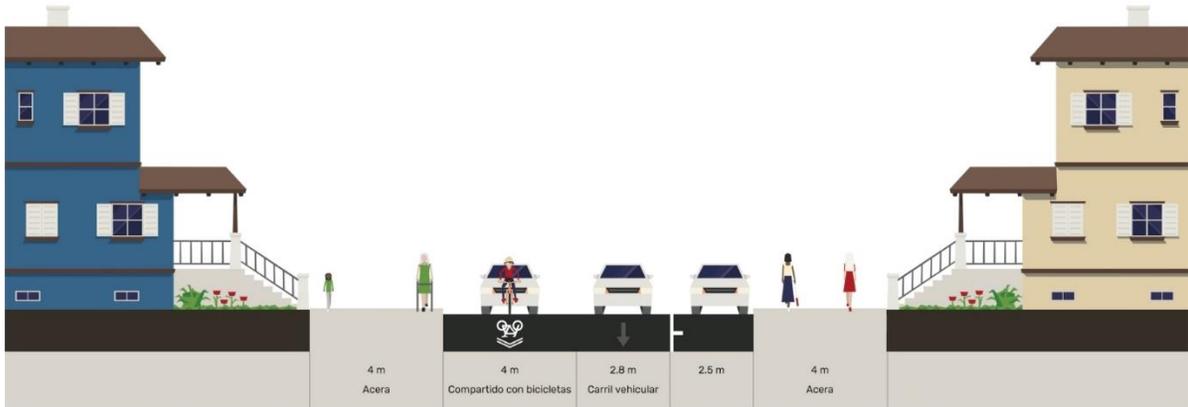


Figura 3.5. Carril compartido
 Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024

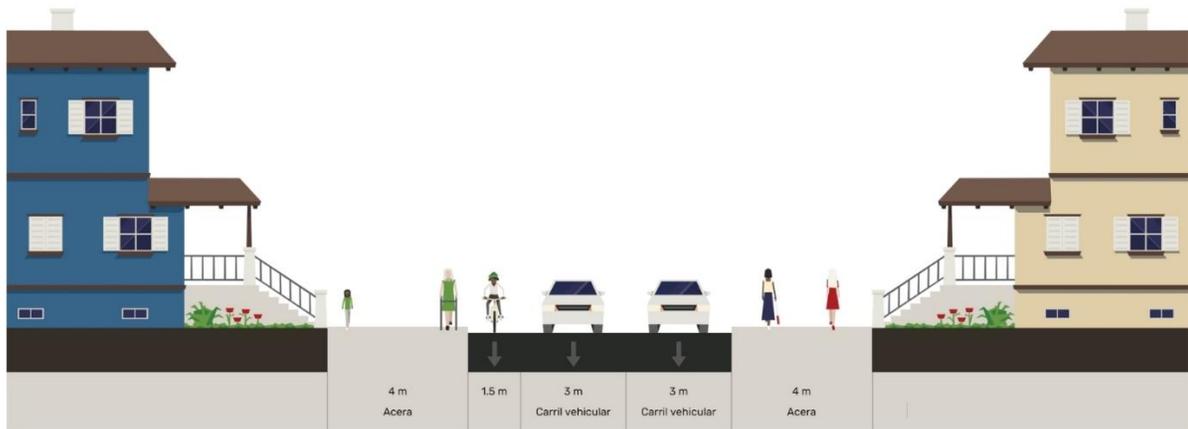


Figura 3.6. Ciclocarril
 Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024



Figura 3.7. Ciclovía unidireccional con cordón de estacionamiento
 Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024

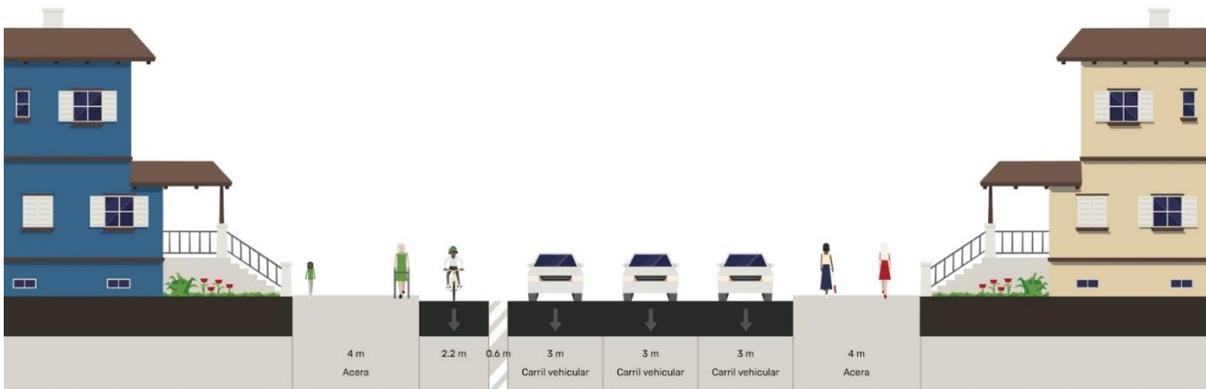


Figura 3.8. Ciclovía unidireccional

Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024

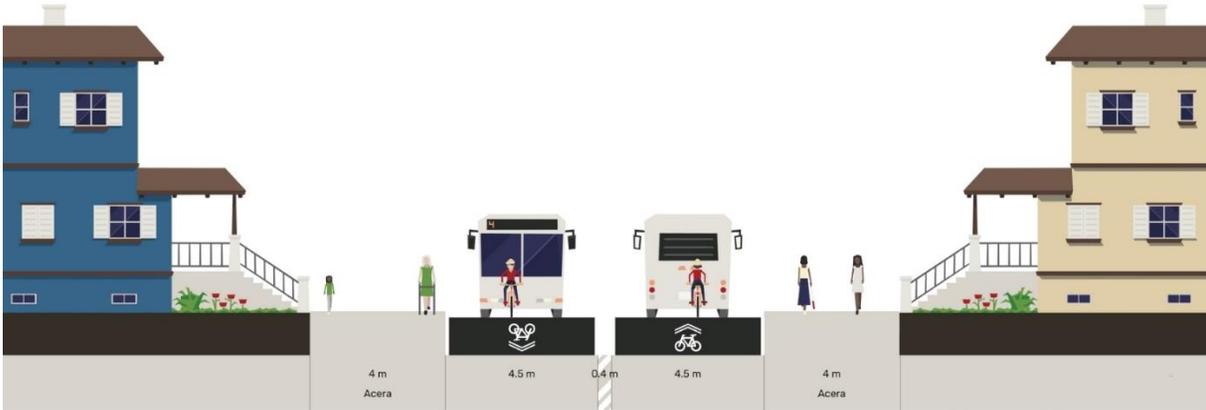


Figura 3.9. Carril bus-bici

Fuente: Elaboración propia con información tomada del DOF, 2024

La NOM-004-SEDATU-2023 menciona que, para prevenir accidentes que pongan en peligro la seguridad e integridad física de los ciclistas y otros habitantes, se debe cumplir con requisitos específicos como la seguridad puesto que, la falta de espacio puede convertir una vía en un entorno difícil de usar. Además, la misma NOM menciona que otro requisito es la eficiencia en el diseño de las rutas, las cuales deben de ser directas y cortas, optimizando la distancia y el tiempo de viaje, evitando desvíos innecesarios y reduciendo los tiempos de espera en las intersecciones, con el objetivo de que los ciclistas mantengan una velocidad constante y realicen rebases ágiles entre ellos. La consistencia, la continuidad y la claridad de los recorridos son fundamentales para lograr conexiones efectivas entre puntos de origen y destino (DOF, 2024).

Igualmente, la comodidad es de suma importancia, y para lograr este requisito se requiere una separación adecuada entre bicicletas y vehículos motorizados, con diseños que incorporen pavimentos lisos y uniformes (DOF, 2024). Por último, las rutas deben ser atractivas, ofreciendo una experiencia de recorrido placentera y segura, por ejemplo, vías bien iluminadas, con comercio y servicios, y con una imagen urbana atractiva (DOF, 2024).

En Sisal, la infraestructura ciclista es inexistente y no ofrece confianza a quienes utilizan la bicicleta como modo de transporte ya que, carece de seguridad vial. Por ejemplo, al realizar el levantamiento

virtual de la infraestructura ciclista mediante Google Earth, se observó que las calles presentan numerosos obstáculos, como falta de señalización, ausencia de estacionamiento para bicicletas y, mal estado de las vialidades.

Aunado a esto, se identificó que la única ciclovía existente se encuentra en la carretera 281 (Hunucmá – Sisal), sin embargo, no cuenta con el ancho adecuado ni la señalización correspondiente. El MSyDCTCC menciona que la señal M-15.1 (Ver Figura 3.10) debe ser visible para los conductores de vehículos motorizados, ya que ésta indica un área exclusiva para los ciclistas (DGST, 2023). A pesar de esto, la señal está ausente en dirección a Hunucmá y en dirección a Sisal se encuentra en mal estado, lo que pone en riesgo la seguridad de los usuarios de los vehículos no motorizados.

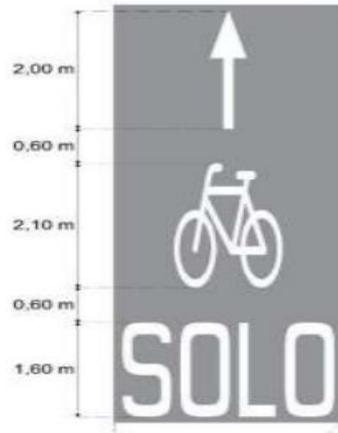


Figura 3.10. Marca M-15.1 vía ciclista o delimitada

Fuente: DGST, 2023

La implementación de una infraestructura ciclista adecuada en Sisal es crucial para garantizar una movilidad segura, sin embargo, para que este modo de transporte sea más utilizado, la planeación de los proyectos futuros debe enfocarse en crear un equilibrio entre los vehículos no motorizados y los motorizados, garantizando espacios seguros y eficientes para todos los usuarios de las vialidades. De lo contrario, sin un espacio adecuado, las vialidades pueden volverse peligrosas para los ciclistas.

3.1.3. Infraestructura vial

La NOM-004-SEDATU-2023, define la vía como:

Vía de uso común que conforma la traza urbana destinada al tránsito de personas peatonas y vehículos, a la prestación de servicios públicos y colocación de mobiliario urbano (también se le conoce como calle) y se clasifica en: vía primaria¹⁴, vía secundaria¹⁵ y vía terciaria¹⁶ (DOF, 2024).

En la LMySVY se menciona que la infraestructura vial debe estar contemplada por los criterios adecuados de diseño y operación, con el objetivo de garantizar una movilidad protegida, funcional y de alto nivel. Por ejemplo, la flexibilidad es necesaria en las vías públicas para que se puedan ajustar con

¹⁴ Espacio físico cuya función es facilitar el flujo del tránsito vehicular continuo o controlado por semáforos (DOF, 2024).

¹⁵ Espacio físico cuya función es recolectar los flujos de las vías terciarias hacia la red vial primaria; puede tener franja separadora y estacionamiento en vía pública (DOF, 2024).

¹⁶ Espacio físico con un carácter estrictamente local, cuya función es brindar acceso a los predios dentro de las comunidades o para el tránsito exclusivo peatonal o de vehículos no motorizados (DOF, 2024).

base en las necesidades del futuro que puedan surgir; asimismo, el diseño de las vías debe tener en cuenta un enfoque saludable y/o sostenible (DOGEY, 2022).

Como se mencionó anteriormente, es necesario que las vías además de que sean funcionales para transitar, cuenten con elementos como vegetación (árboles) y barreras que regulen el ruido y la contaminación (DOGEY, 2022). Sin embargo, para garantizar una vía funcional y mejorar las condiciones ambientales y sociales, se debe cumplir con la seguridad, ya que los diseños viales tienen que disminuir las posibilidades de accidentes, esto con ayuda de controles de velocidad para la interacción de los usuarios con la vía, y así mantener una correcta eficiencia en el flujo de personas y mercancías (DOF, 2024).

Aunado a la seguridad, las vías deben diseñarse para que todas las personas puedan hacer uso de éstas, por ejemplo, promoviendo espacios que generen interacción social y priorice el uso de la vía por parte de personas con discapacidad o adultos mayores; también las vías deben permitir la operatividad de éstas después de haber pasado por algún evento natural, político o social en el menor tiempo posible (DOF, 2024).

En Sisal, la infraestructura vial es deficiente; según Beltrán (2022), la mayoría de las calles están deterioradas a excepción de la calle principal, hay basura y las banquetas presentan daños. Para que la infraestructura vial garantice la movilidad funcional y segura de los habitantes, la planeación de los proyectos futuros deberá priorizar al menos los requerimientos redactados con anterioridad.

3.1.3.1. Señalización vertical, horizontal y dispositivos diversos

El MSyDCTCC indica que es importante implementar dentro de la infraestructura tres elementos: la señalización vertical, la señalización horizontal y los dispositivos diversos (DD), los cuales desempeñan un papel fundamental en la seguridad y orientación de la vía (DGST, 2023).

Aunado a lo anterior, cualquier elemento de señalización en calles y carreteras debe cumplir con requisitos generales y técnicos. Por un lado, en los requisitos generales, el MSyDCTCC menciona que la señalización debe proporcionar seguridad, ser visible, llamar la atención, ser legible, fácil de entender, imponer respeto y estar ubicada en el lugar adecuado (dentro del cono visual del usuario) tomando en cuenta la velocidad del usuario, con el fin de asegurar tiempo suficiente para reaccionar (DGST, 2023).

Por otro lado, los requisitos técnicos para la señalización incluyen aspectos clave como la forma, el color, las dimensiones y la reflexión, de modo que cada señal y dispositivo de apoyo debe tener asociada una forma y un color específicos relacionados con el tipo de mensaje que se está transmitiendo (Ver Tabla 3.3); asimismo las dimensiones de las señales deben estar en función del tipo de vía donde sean instaladas, y deben cumplir con los coeficientes mínimos de reflexión para que, en condiciones de baja luminosidad, se pueda ver y entender claramente el mensaje al ser iluminadas por otras luces (DGST, 2023).

Tabla 3.3. Código de colores en señales viales del MSyDCTCC

Color	Señal o dispositivo que lo emplea
Amarillo	Preventivo
Verde limón fluorescente	Escolares
Azul	Servicios y turísticas
Blanco	Restricción, identificación, información general y recomendación

Café	Sistemas de orientación peatonal
Naranja	Zona de obras
Rojo	Restrictivas
Verde	Informativa de destino
Gris	Dispositivos diversos

Fuente: DGST, 2023.

Una señalización clara y visible ayuda a prevenir accidentes, orienta a los peatones y conductores, y facilita la comprensión de las normativas de tránsito (DOGEY, 2022). Además, la implementación de señales adaptadas a las necesidades de personas con discapacidad y otros grupos vulnerables es esencial para asegurar que todos los usuarios puedan transitar de manera segura e informada (Piundo, 2024). En este contexto, el MSyDCTCC señala que, la circulación no motorizada y motorizada debe ser guiada y regulada, de tal forma que todo usuario tenga en cuenta el funcionamiento de la red vial para desplazarse más eficientemente y sin contratiempos de un origen a un destino (DGST, 2023).

En cuanto a la señalización vertical, el MSyDCTCC establece que tiene por objeto prevenir peligros, regular el uso de las vías mediante limitaciones o prohibiciones, guiar a los usuarios indicando nombres de localidades, rutas y sitios de interés, y transmitir información de seguridad (DGST, 2023). Las señales verticales se clasifican con base en su función como se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Clasificación funcional de la señalización vertical del MSyDCTCC

Clasificación	Tipos de señales
SP	Señales preventivas
SR	Señales restrictivas
SI	Señales informativas
SII	Señales informativas de identificación (nomenclatura, ruta, kilometraje y salida)
SID	Señales informativas de destino (previas, diagramáticas, decisivas y confirmativas)
SIR	Señales informativas de recomendación
SIG	Señales de información general
STS	Señales turísticas y de servicios
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
OD	Señales adicionales
OD-5	Indicadores de obstáculos
OD-8	Reglas para vados y zonas inundables
OD-12	Indicadores de curvas cerradas

Fuente: DGST, 2023.

Además de clasificarse con base en su función, las señales verticales se dividen según su estructura de soporte, es decir, señales bajas y señales elevadas. Las señales ubicadas en un poste, dos postes o unidas lateralmente se denominan señales bajas, mientras que las señales elevadas se colocan en bandera, bandera doble, estructura tipo puente, unidas a estructuras existentes y señales de mensaje cambiabile (DGST, 2023).

La Figura 3.11 y Figura 3.12, respectivamente muestran la altura y distancia lateral a las que deben ubicarse las señales bajas y las señales elevadas en las calles.

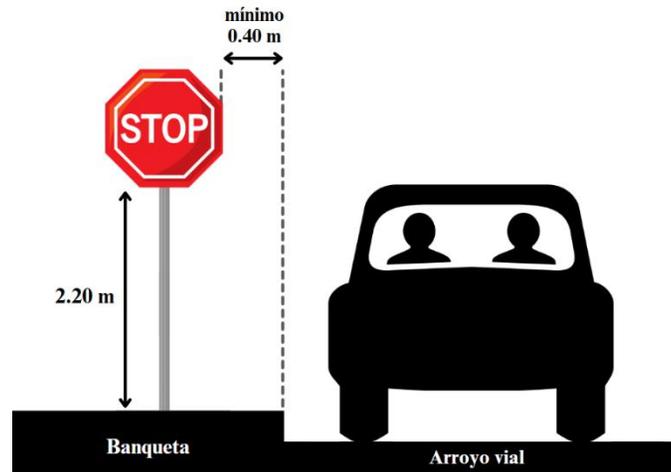


Figura 3.11. Altura y distancia lateral de las señales bajas

Fuente: Elaboración propia con información tomada del DGST, 2023

Dibujo fuera de escala

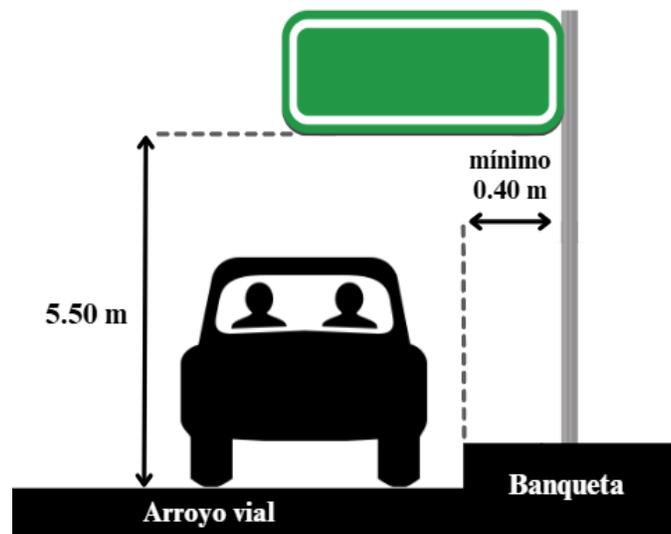


Figura 3.12. Altura y distancia lateral de las señales elevadas

Fuente: Elaboración propia con información tomada del DGST, 2023

Dibujo fuera de escala

Respecto a la señalización horizontal, el MSyDCTCC menciona que son un conjunto de marcas y dispositivos sobre el pavimento, banqueta y estructuras como rayas, símbolos, leyendas y botones reflejantes, que delimitan las vías, regulan el tránsito y sirven para complementar o confirmar los mensajes

de la señalización vertical (DGST, 2023). Las marcas y dispositivos para la señalización horizontal, se clasifican según su uso, como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Clasificación de las marcas para la señalización horizontal del MSyDCTCC

Clasificación	Nombre
M-1	Raya separadora de sentidos de circulación
M-2	Raya separadora de carriles
M-3	Raya en la orilla del arroyo vial
M-4	Rayas de trayectorias en intersecciones
M-5	Rayas canalizadoras
M-6	Raya de alto
M-7	Rayas para cruce de peatones
M-8	Marcas para cruce de ferrocarril
M-9	Rayas con espaciamiento logarítmico
M-10	Marcas para estacionamiento
M-11	Rayas, símbolos y leyendas para regular el uso de carriles
M-12	Marcas en guarniciones
M-13	Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura
M-14	Marca de emergencia para frenado
M-15	Marcas para vías ciclistas
M-16	Marcas temporales
M-17	Marcas de área de espera para vehículos no motorizados y motocicletas
M-18	Marca de ceda el paso
M-19	Marcas para indicar prohibiciones
M-20	Marcas para identificar reductores de velocidad

Fuente: DGST, 2023.

En lo que respecta a los dispositivos diversos, éstos tienen como objetivo complementar algunas marcas mencionadas anteriormente en la Tabla 3.5 con el fin de marcar, restringir y resguardar áreas de circulación peatonal y vehicular, asimismo, advierten a los conductores sobre circunstancias de riesgo al transitar por la vía (DGST, 2023). Al igual que la señalización vertical, los DD se clasifican con base en su función, como se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Clasificación de los dispositivos diversos del MSyDCTCC

Clasificación	Nombre
DD-1	Indicadores de alineamiento
DD-2	Baliza
B	Botones
DC	Delimitadores para confinamiento
DD-4	Limitadores de gálibo
DD-5	Barreras fijas de protección peatonal
DD-6	Parapetos para peatones y ciclistas
RV	Reductores de velocidad
DD-7	Limitadores de sentido
DD-8	Dispositivos antideslumbrantes
DD-9	Barreras para el control de paso de vehículos
DD-10	Bolardos

Fuente: DGST, 2023.

Una vez expuesto lo anterior, con base en el levantamiento virtual de la infraestructura vial en Sisal, realizado a través de Google Earth, se identificó que la señalización vertical, horizontal y los DD no cumplen con lo estipulado en el MSyDCTCC, y presentan problemas de visibilidad, ubicación y mantenimiento.

Respecto a la señalización vertical, la mayoría de las señales en las calles no están ubicadas a la altura ni a la distancia lateral mostradas anteriormente en la Figura 3.11. Por ejemplo, en la Calle 17 con coordenadas latitud 21.1661 y longitud -90.0315, la señal de alto (SR-6) no cumple con la altura de 2.20 m, carece de mantenimiento y, además, se encuentra colocada en el arroyo vial y no en la banqueta (Ver Figura 3.13), lo que aumenta el riesgo de accidentes al quedar fuera del cono visual de conductores y peatones.



Figura 3.13. Incumplimiento de altura y distancia lateral en señal SR-6 y mal mantenimiento

Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: octubre, 2021

Además, se identificó la ausencia de las SII de nomenclatura (nombres de calles), generando problemas de orientación para los residentes, turistas y transportistas de carga. Según Uribe (2023), la ausencia de estas señales puede reducir la eficiencia del transporte, así como maniobras inesperadas por los usuarios en búsqueda de sus destinos ocasionando conflictos y congestiones vehiculares. A continuación, la Figura 3.14 muestra la ausencia de SII de nomenclatura en la calle principal Hunucmá – Sisal esquina con Calle 21 (latitud 21.1648 y longitud -90.0314).



Figura 3.14. Ausencia de SII de nomenclatura
Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

En cuanto a la señalización horizontal, se observó que muchas calles carecen de elementos fundamentales para una circulación segura, como la ausencia de marcas en el pavimento, paso de cebra, líneas divisoras de carriles, rayas de alto y marcas en banquetas, lo que puede provocar conflictos entre peatones y vehículos. Por ejemplo, en la Calle 21 esquina con Calle 26 (latitud 21.1646 y longitud -90.0332), como se muestra en la Figura 3.15, la intersección no cuenta con rayas de alto para que los vehículos se detengan. Esta intersección es transitada por vehículos y peatones, ya que cruza con la calle principal (Hunucmá – Sisal). Además, se observa la ausencia de un cruce peatonal, lo cual es de suma importancia ya que, no garantiza la seguridad de los peatones.



Figura 3.15. Ausencia de rayas de alto y cruce peatonal
Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

Respecto a los dispositivos diversos, se identificó que los pocos reductores de velocidad presentes en la localidad no cumplen con lo estipulado en el MSyDCTCC, ya que los RV predominantes son los de tipo circular, los cuales se utilizan en calles secundarias y terciarias donde se requiere un alto total. El

MSyDCTCC menciona que el requisito técnico que deben cumplir los RV, específicamente es el color, para esto se deben colocar rayas diagonales color amarillo reflejante, pero si el RV está diseñado con material de concreto hidráulico, deben añadirse rayas diagonales de color negro y las medidas de estas rayas diagonales deben ser de 40 cm de ancho, separadas entre sí por 40 cm respectivamente (DGST, 2023) (Ver Figura 3.16).

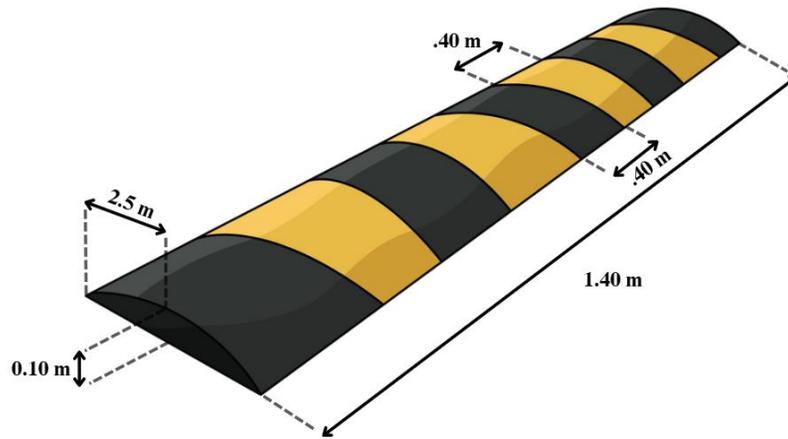


Figura 3.16. Características geométricas del RV tipo circular
Fuente: Elaboración propia con información tomada del DGST, 2023.
Dibujo fuera de escala

Claro ejemplo se encuentra en la Calle 18 (latitud 21.1644 y longitud -90.0307), y como se observa en la Figura 3.17, no cumple con las medidas ni el color especificados en el MSyDCTCC. Esto disminuye su visibilidad, lo que podría ocasionar accidentes en condiciones de escasa iluminación.



Figura 3.17. Incumplimiento de características geométricas en RV tipo circular
Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

Otro elemento no mencionado en el MSyDCTCC, pero de suma importancia son las rampas para personas con discapacidad que, al igual que la señalización vertical, la señalización horizontal y los DD son insuficiente y, en ocasiones, carecen de mantenimiento o no se han diseñado correctamente como lo estipula la NOM-030-SSA3-2013. Ésta menciona que:

las banquetas deben contar con rampas, ubicadas en cruces peatonales, mismas que deberán cumplir con pendiente no mayor de 8.0% para desniveles de 0.16 m y de 6.0% para desniveles de 0.32 m o mayores (DOF, 2013).

Por ejemplo, en la Figura 3.18, se observa la ausencia de rampas para personas con discapacidad y un cruce peatonal en mal estado, ya que su visibilidad es casi nula. Además, las rampas solo están presentes en algunas calles colindantes con la calle principal (Hunucmá – Sisal), mientras que las otras calles carecen de éstas.



Figura 3.18. Mal estado de cruce peatonal y ausencia de rampas para personas con discapacidad

Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

En el Anexo A (Figura A.1), Anexo B (Figura B.1), Anexo C (Figura C.1) y Anexo D (Figura D.1) se presenta de manera geográfica, el señalamiento existente en la localidad.

3.1.3.2. Tipo y estado del pavimento

De acuerdo con Espinoza (2021), contar con calles pavimentadas en buen estado es esencial para garantizar la seguridad y fomentar un mejor desarrollo urbano; además, las calles pavimentadas mejoran la fluidez del tránsito peatonal y vehicular contribuyendo al crecimiento económico. Aunado a esto Cementos INKA (2019) señala que es necesario implementar pavimentos que se adapten a las necesidades y características del sitio. Para ello, se deben de considerar la carga, el tránsito vehicular, las condiciones climáticas, la sostenibilidad, el drenaje, la estética, el diseño, el costo, el mantenimiento y las propiedades específicas (si el proyecto lo requiere).

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación “Catálogo de deterioros en pavimentos flexibles de carreteras mexicanas” señala que existen dos tipos de pavimentos, los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos. Además, esta publicación menciona que los flexibles están formados por una carpeta asfáltica y una serie de capas inferiores de materiales resistentes, cuya deformabilidad decrece con la profundidad; mientras que los pavimentos rígidos están constituidos por una losa de concreto hidráulico en la capa superior (IMT, 2011).

En este contexto Martínez (2023) afirma que el pavimento flexible es más rápido de construir (disminuyendo costos iniciales) y destaca por su capacidad de adaptarse a las deformaciones y movimientos de la superficie, sin sufrir daños significativos; además el mantenimiento de este pavimento resulta más sencillo en comparación con el pavimento rígido. Martínez también menciona que el pavimento flexible absorbe el ruido producido por la rodadura de los vehículos, lo que resulta en calles más silenciosas y disminuye la contaminación auditiva.

Respecto al pavimento rígido, este tiene una vida útil más prolongada, ya que es capaz de resistir la erosión, la abrasión de sustancias químicas y sal, así como las condiciones climáticas adversas; además, su mantenimiento es relativamente bajo, ya que mantiene su forma y nivelación a través del tiempo, y

puede soportar altas cargas de tránsito vehicular, por ende, se convierte en el pavimento ideal para calles principales (Martínez, 2023).

En Sisal se presentan los dos tipos de pavimento según lo identificado en el levantamiento virtual realizado en Google Earth. Por ejemplo, en la Figura 3.19 se observa que, en la calle principal (Hunucmá - Sisal) se cuenta con un pavimento rígido, el cual no presenta daños que afecten el tránsito vehicular.



Figura 3.19. Pavimento rígido en calle principal (carretera 281 Hunucmá – Sisal)

Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

Sin embargo, en las calles aledañas se observa un pavimento flexible, el cual no presentan un deterioro significativo, aunque sí carece de limpieza. Además, cabe mencionar que más de la mitad de las calles de Sisal carecen de pavimentación y presentan daños importantes, como baches,¹⁷ tal como se muestra en la Figura 3.20. Esto se debe a factores como el paso de vehículos de carga y algunas condiciones climáticas adversas, como lluvias intensas que provocan inundaciones, lo que complica la movilidad dentro de la localidad y pone en riesgo la seguridad de los habitantes. Para una mejor visualización, se recomienda consultar el Anexo E (Figura E.1), que contiene una figura donde se presentan las calles que carecen de pavimentación.



Figura 3.20. Calle 15 carente de pavimentación y con presencia de baches

Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

¹⁷ Se definen como: oquedades de diferentes tamaños en la capa de rodamiento ocasionados por desprendimiento, desintegración inicial, espesor deficiente, drenaje deficiente, falta de resistencia de la carpeta o escasez de contenido asfáltico (IMT, 2009).

3.1.4. Paraderos

Según Vázquez (2016), un paradero es un lugar designado en el que, se busca facilitar a los usuarios el intercambio entre cualquier modo de transporte evitando confusiones en sus trayectos y reduciendo las distancias de recorrido. Vázquez también menciona que la construcción de los paraderos se realiza con base en el nivel de uso, es decir, paraderos muy frecuentados pueden tener asientos y en algunas ocasiones, sistemas de información electrónica para el usuario, mientras que, paraderos menos concurridos pueden contar solamente con la señalización correspondiente marcando la ubicación de éste.

En este contexto, a partir del levantamiento virtual de los paraderos de la localidad, realizado a través de Google Earth, se identificó que existe un paradero poco concurrido, ya que dentro de la localidad solo se cuenta con un señalamiento vertical mal colocado, que permite a los usuarios identificar en donde llegan las vagonetas que provienen de Hunucmá.

3.2. SERVICIOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS

3.2.1. Viajes en vagoneta

Las vagonetas (Ver Figura 3.21) operan en rutas establecidas que enlazan Mérida, Hunucmá y Sisal. Según el video titulado “¡Llegando a! Sisal en transporte público” (Llegando a, 2023), la terminal en Sisal está ubicada en la Calle 22 esquina con la Calle 21, junto al parque del pueblo, sirviendo como un punto de llegada y partida accesible para la comunidad, mientras que en Hunucmá la terminal se ubica en el corazón del municipio, es decir, en la Calle 31 esquina con Calle 28 y, en Mérida la terminal está localizada en el centro, en la Calle 64 entre Calles 65 y 67.

Con base en la información obtenida de la encuesta realizada por el GIITRAL, se identificaron las horas de salida de las vagonetas, las cuales son de lunes a sábado, desde las 04:30 hasta las 19:30, y los domingos de 05:00 hasta las 19:30.



Figura 3.21. Terminal de vagonetas en Hunucmá

Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: mayo, 2023

Para evaluar el desempeño y las áreas de mejora de los viajes en vagoneta, se llevó a cabo una encuesta para las vagonetas que salen de Sisal y una encuesta para las que llegan a la localidad. Ambas encuestas fueron diseñadas por el GIITRAL-II-UNAM, con el objetivo de recabar información importante sobre la experiencia de los usuarios y la eficiencia de este modo de transporte.

El trabajo de campo fue realizado con el apoyo de habitantes locales capacitados por el GIITRAL, lo que aseguró la precisión en la recopilación de datos. En total, se obtuvo una muestra de 126 usuarios: 62 que llegan a Sisal y 64 que salen de la localidad. El trayecto analizado abarca un recorrido de 24 km entre la terminal de Sisal y la de Hunucmá.

3.2.1.1. Características de los viajes que llegan a Sisal en vagoneta

Origen

Con base en la información recabada de los encuestados que llegan a Sisal en vagoneta, se encontró que el principal punto de origen es Hunucmá, con el 77.4% (Ver Figura 3.22), aunque también hay encuestados que inician su viaje desde Mérida, Peto, Cautel, Cantamayec, Halachó y Cozumel. Además, el destino de todas las personas es Sisal.

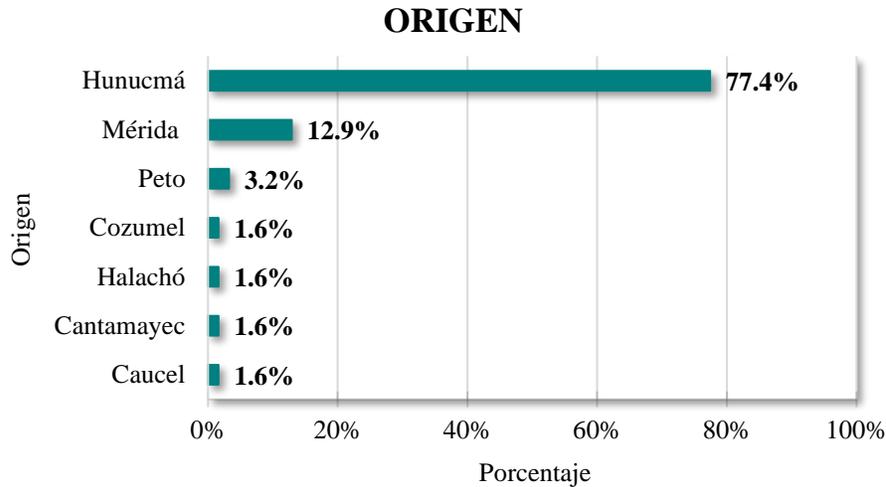


Figura 3.22. Origen de los viajes que llegan a Sisal en vagoneta
Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta GIITRAL (2024)

Motivo

Según la información obtenida, el 55% de los encuestados son motivados por razones laborales, lo que representa un total de 34 viajes. Esto resalta la importancia de las unidades de actividades económicas como la pesca, el turismo y la construcción, las cuales son factores clave que impulsan la movilidad hacia Sisal. Mientras que, el 21% fueron realizados para regresar a casa, y el 10% se hicieron por razones educativas. El resto de los viajes se distribuyó entre actividades recreativas, visitas familiares y otros motivos diversos. En la Figura 3.23 se muestra la información recabada del motivo de viaje.

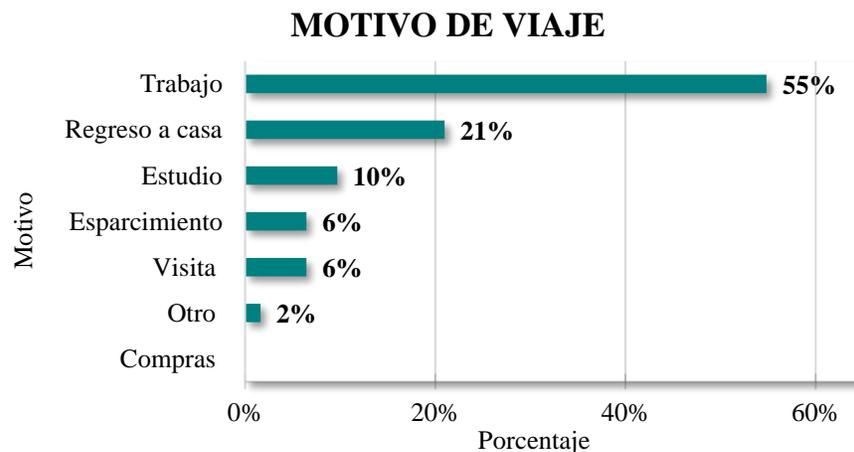


Figura 3.23. Motivo de viaje de los pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta
Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta GIITRAL (2024)

Tiempo de espera

El tiempo de espera se clasificó en 10 intervalos, lo que permitió agrupar la información recabada de manera más clara. Según los datos obtenidos, el 17.7% de los encuestados tuvo un tiempo de espera de 20 a 24 minutos, mientras que el 14.5% esperó de 30 a 35 minutos, lo que representa espera significativa para estos pasajeros. Sin embargo, el 16.1% tuvo un tiempo de espera menor a 10 minutos, lo que podría indicar que estos pasajeros fueron los últimos en abordar la vagoneta, ya que, según los encuestados, la vagoneta inicia el recorrido una vez que la unidad se encuentra llena o casi llena.

En general, buena parte (45.1%) de los encuestados espera tiempos razonables (menos de 20 minutos), como se muestra en la Figura 3.24, mientras que otra parte importante de los encuestados (37.1%) espera tiempos superiores a 25 minutos, los cuales requieren de atención para su mejora.

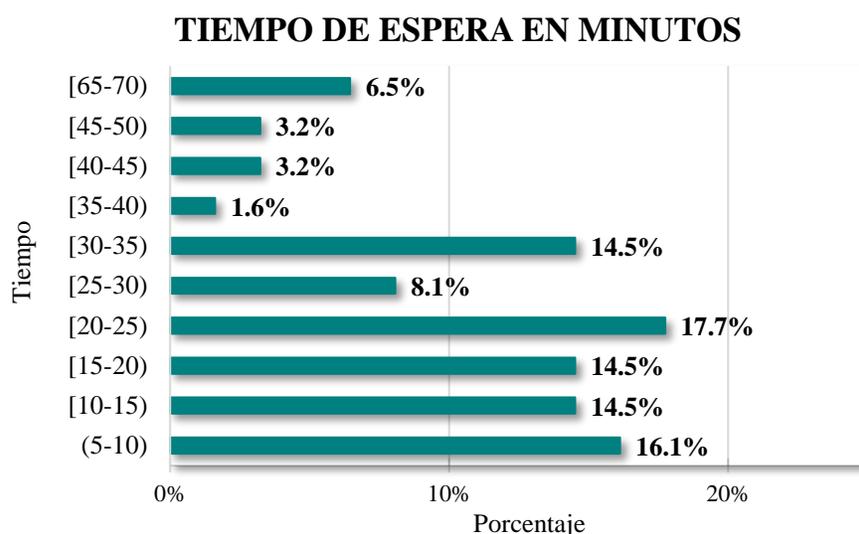


Figura 3.24. Tiempo de espera de los pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta
Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta GIITRAL (2024)

Tiempo de recorrido

El tiempo de recorrido desde la terminal de vagonetas de Hunucmá hasta Sisal es de aproximadamente 25 minutos, como se muestra en la Figura 3.25 (Google, s.f.).



Figura 3.25. Tiempo de recorrido aproximado de Hunucmá a Sisal
Fuente: Vista Google Maps, fecha de captura: febrero, 2025

El 50% tuvieron la percepción de una duración del recorrido de 20 minutos a 25 minutos, mientras que para el 17.7%, su percepción fue de 15 a 20 minutos, lo que indica que probablemente se excedieron los límites de velocidad. Además, el 12.9% estimaron un tiempo de recorrido de 25 a 30 minutos, y el 10% experimentaron tiempos más prolongados, lo que podría estar relacionado con la congestión en las zonas más transitadas de Hunucmá y Sisal. Estos resultados muestran que, en general, los tiempos de recorrido son adecuados para cubrir los 24 kilómetros (km) que separan a Sisal de Hunucmá, respetando los límites de velocidad. En la Figura 3.26 se presenta la información recabada de tiempos percibidos de recorrido.

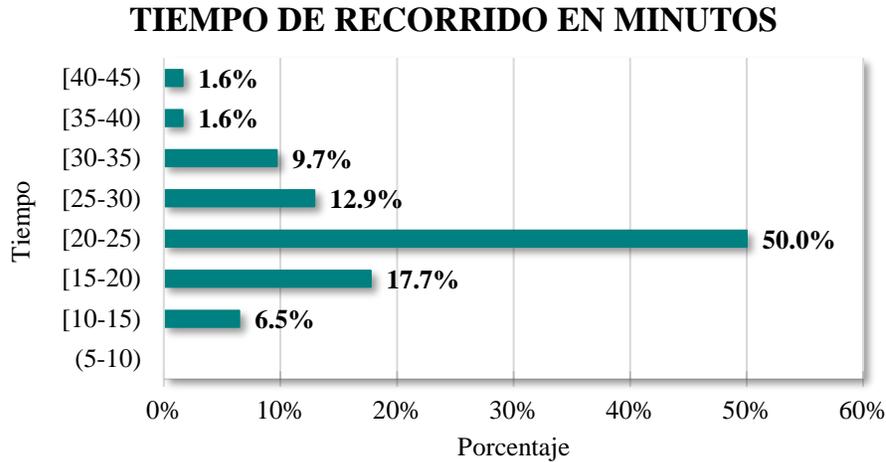


Figura 3.26. Tiempo de recorrido de los pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta
 Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en vagoneta GIITRAL (2024)

3.2.1.2. Características de los viajes que salen de Sisal en vagoneta

Destino

Los encuestados que salen de Sisal en vagoneta, tienen como principal destino a Hunucmá, con el 73%. Algunas personas tienen otros destinos, como Mérida, Motul o Tetiz, como se muestra en la Figura 3.27.

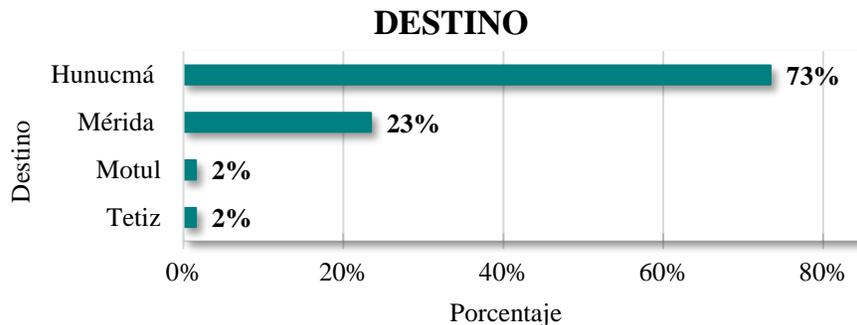


Figura 3.27. Destino de los viajes que salen de Sisal en vagoneta
 Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en vagoneta GIITRAL (2024)

Motivo

El 45% de los encuestados son motivados por cuestiones laborales, lo que indica que probablemente los residentes salen en busca de mejores oportunidades laborales o para realizar actividades profesionales en municipios de mayor población. El 22% de los viajes fueron realizados por motivos comerciales, lo que se puede relacionar con la escasez de productos o altos precios dentro de la localidad; y el 11% se

realizaron por motivos escolares. El resto de los viajes se distribuyó entre visitas a centros de salud, esparcimiento o para regresar a casa. En la Figura 3.28 se muestra la información recabada de los motivos de viaje.

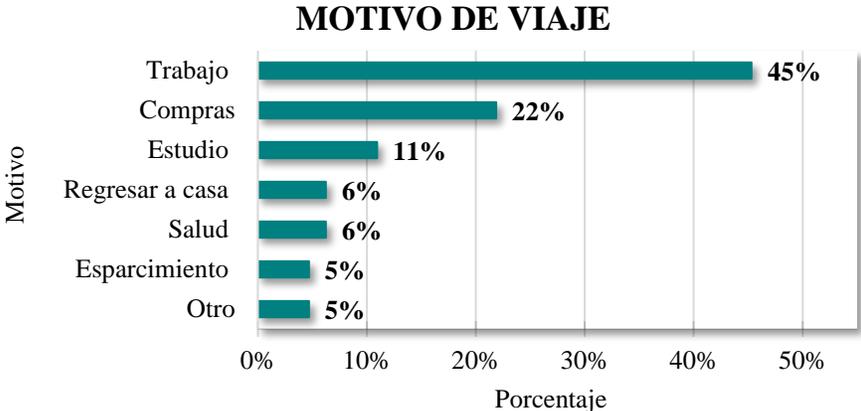


Figura 3.28. Motivo de viaje de los pasajeros que salen de Sisal en vagoneta
 Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en vagoneta GITRAL (2024)

Tiempo de espera

El tiempo de espera se clasificó en 13 intervalos (Ver Figura 3.29), lo que permitió agrupar la información de manera más clara. Un 25% de los encuestados tuvo un tiempo de espera de 60 a 65 minutos, lo que refleja una deficiencia en el transporte de la terminal de Sisal, mientras que el 15.63% esperó entre cinco a 10 minutos, lo que podría indicar que estos pasajeros fueron los últimos en abordar la vagoneta, ya que, según los encuestados, la vagoneta inicia el recorrido una vez que la unidad se encuentra llena o casi llena. En general, los tiempos de espera en la terminal de Sisal son considerablemente largos, por lo que se requiere de atención para brindar un servicio más eficiente.

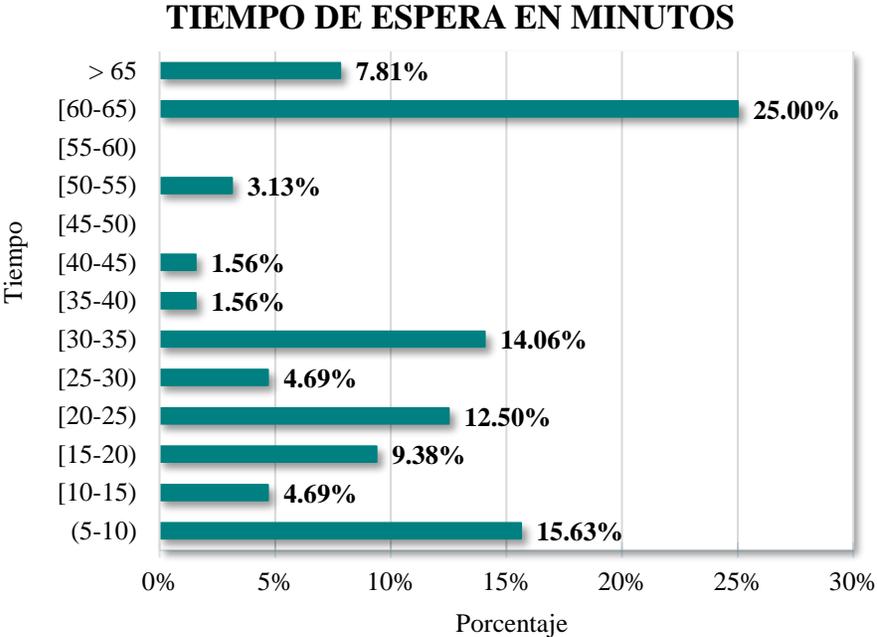


Figura 3.29. Tiempo de espera de los pasajeros que salen de Sisal en vagoneta
 Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en vagoneta GITRAL (2024)

Tiempo de recorrido

El 43.75% de los encuestados percibió una duración del recorrido de 20 a 25 minutos, mientras que el 26.56% tuvo una percepción de 25 a 30 minutos, lo que indica que todos estos viajes están dentro del tiempo promedio, como se muestra en la Figura 3.25. Además, algunos encuestados tuvieron un tiempo de recorrido más prolongado (Ver Figura 3.30), lo que podría reflejar posibles demoras debido a la congestión o a la mala calidad de la infraestructura vial.

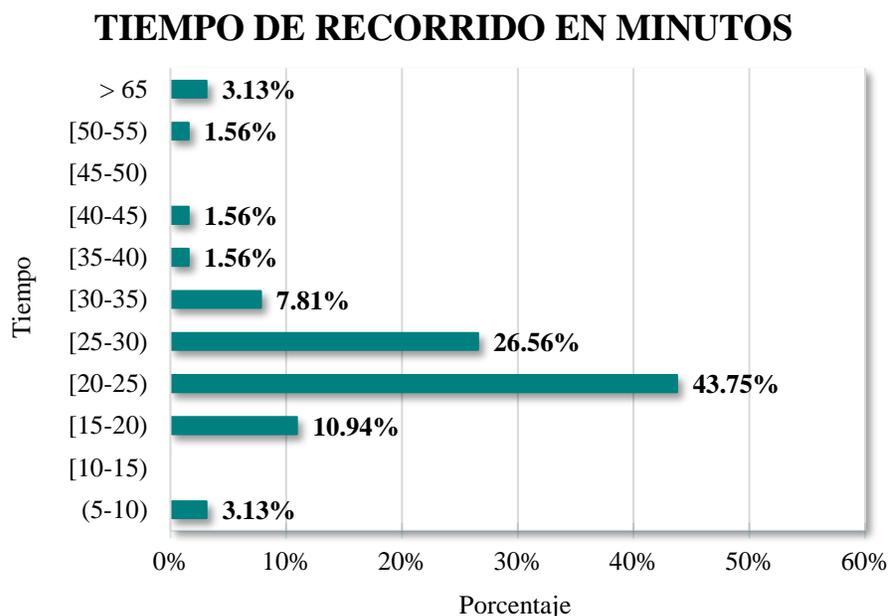


Figura 3.30. Tiempo de recorrido de los pasajeros que salen de Sisal en vagoneta
Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en vagoneta GIITRAL (2024)

3.2.1.3. Líneas de deseo de los viajes

En la Figura 3.31 se presentan las líneas de deseo de los viajes, las cuales facilitan la visualización de los orígenes y destinos de los 126 usuarios.

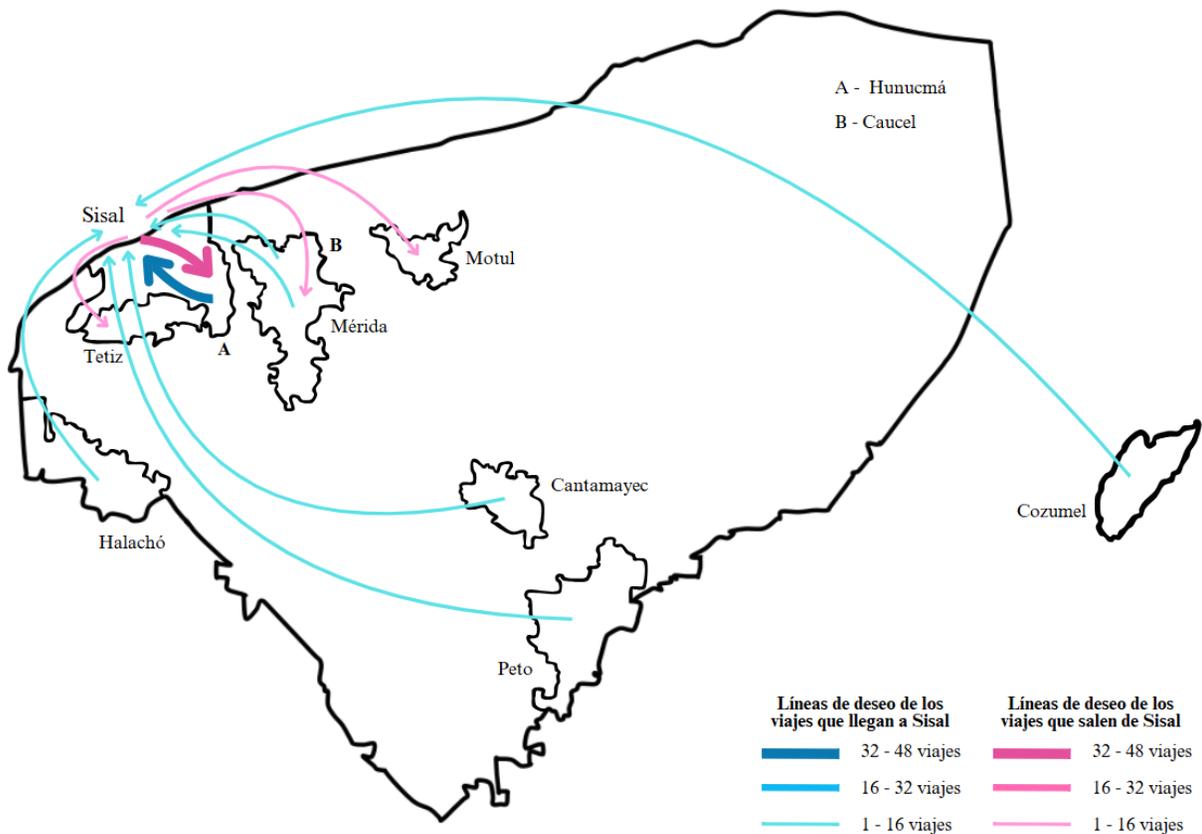


Figura 3.31. Líneas de deseo de los viajes en vagoneta con origen o destino en Sisal
Fuente: Elaboración propia con información tomada de GIITRAL (2024)

3.2.1.4. Problemática de los viajes que salen y llegan a Sisal en vagoneta

Con base la información obtenida de la encuesta, fueron identificadas varias problemáticas que enfrenta el transporte de pasajeros en vagonetas, tanto de las vagonetas que llegan a Sisal como en las que salen de la localidad. Por ejemplo, los encuestados destacan la falta de limpieza en las unidades, el deterioro de los asientos y la ausencia de aire acondicionado. Además, algunos pasajeros encuestados mencionan la necesidad de contar con más unidades para cubrir la demanda en distintos horarios.

Los encuestados señalaron la falta de paraderos adecuados, los cuales deberían contar con techos para protegerse de las condiciones climáticas y buena iluminación. Finalmente, los pasajeros indicaron que el transporte no está disponible en el horario de 19:00 a 20:00. También subrayaron la necesidad de reducir los tiempos de espera ya que, como se mencionó anteriormente, éstos son muy prolongados.

Las problemáticas mencionadas no solo afectan la comodidad de los pasajeros, sino que también repercuten negativamente en la calidad del servicio, lo que resalta la urgencia de realizar mejoras tanto en la infraestructura vial como en la calidad de las vagonetas.

3.2.2. Viajes en mototaxis

Los mototaxis se han consolidado como una de las opciones más prácticas y accesibles para el transporte, principalmente en áreas donde se carece de servicios de transporte público, siendo una alternativa económica en comparación con otros modos de transporte, lo que los vuelve más atractivos para las personas (Abitia, 2024). Estos vehículos de tres ruedas, conducidos mediante manubrios (Ver Figura

3.32), tienen capacidad para transportar hasta tres personas y están autorizados únicamente para circular dentro de los centros de población y áreas previamente establecidas (DOGEY, 2022). Su popularidad ha crecido entre los visitantes, ya que no solo funcionan como un modo de transporte, sino también como una opción para realizar tours guiados. Estos recorridos permiten a los turistas conocer los sitios más emblemáticos del pueblo, guiados por habitantes locales.



Figura 3.32. Mototaxis de Sisal

Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

Con el objetivo de evaluar diversos aspectos del servicio de los mototaxis, como costo, calidad del viaje, origen, destino y tiempos de espera, se realizó una encuesta a los pasajeros que utilizan este modo de transporte. Esta encuesta fue diseñada y administrada por el GIITRAL-II-UNAM, con el apoyo de personal local capacitado. En total, se obtuvo una muestra de 21 usuarios.

3.2.2.1. Características de los viajes en mototaxis

Origen

Con base en la información de la encuesta, se identificaron los puntos de origen de los viajes en mototaxi para lo cual fue necesario clasificar la localidad en zonas, como se muestra en la Figura 3.33, lo que facilitó agrupar los distintos orígenes de manera más clara.

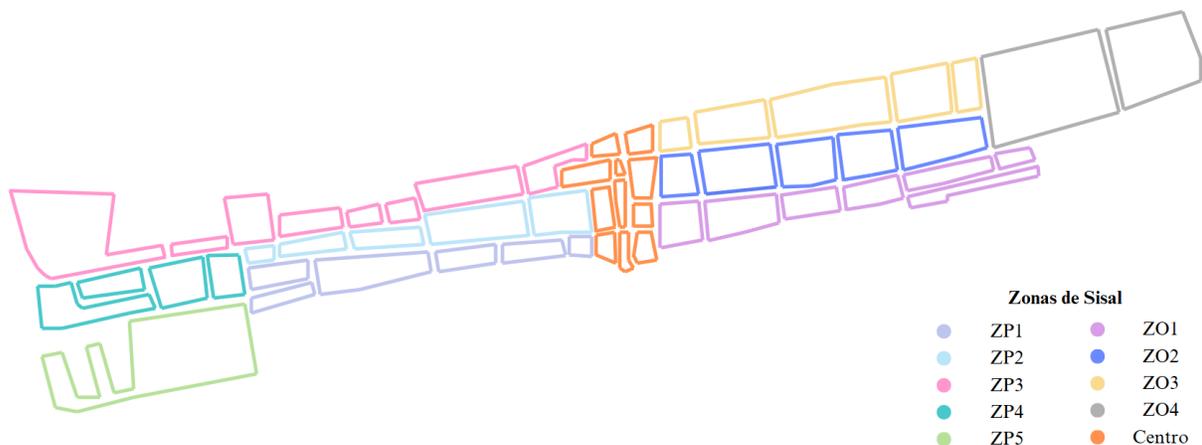


Figura 3.33. Clasificación de zonas en Sisal

Fuente: Elaboración propia con información tomada de GIITRAL (2024)

Una vez clasificadas las zonas, se identificó que la mayoría de los encuestados no respondieron la zona de origen, como se presenta en la Figura 3.34. Sin embargo, la zona con mayor cantidad de viajes fue la Zona Centro con el 28.57%, seguida de la Zona Poniente Uno (ZP1) con el 9.52%.

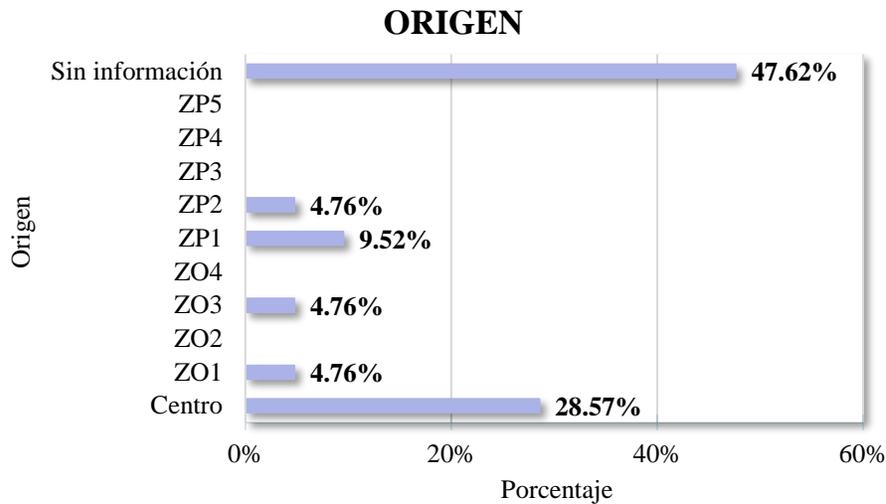


Figura 3.34. Origen de los viajes en mototaxi
Fuente: Encuesta de pasajeros en mototaxi GIITRAL (2024)

Destino

Se logró identificar que el principal destino de los viajes en mototaxi es la ZP1 con el 28.57% de los viajes, lo cual podría estar relacionado con la gran variedad de comercios presentes en la zona, como supermercados, tiendas de abarrotes, zapaterías, una escuela, ferreterías, tiendas de materiales, lavanderías, una iglesia, purificadoras de agua, cocinas caseras, marisquerías y alquiladoras de mesas y sillas. La Zona Centro representa un 14.29% de los viajes, mientras que la Zona Poniente Cinco (ZP5) un 9.52% de los viajes. Algunos encuestados no proporcionaron la zona de destino, como se muestra en la Figura 3.35.

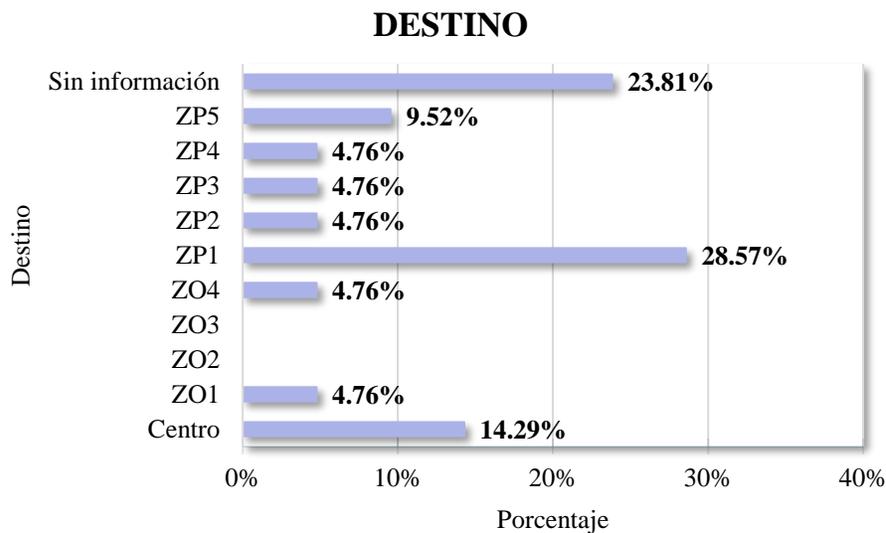


Figura 3.35. Destino de los viajes en mototaxi
Fuente: Encuesta de pasajeros en mototaxi GIITRAL (2024)

Motivo

La mayoría de los encuestados son motivados por cuestiones laborales, con el 33% de los viajes, y el 29% por cuestiones comerciales, por ejemplo, algunos habitantes realizan su viaje al mercado de la localidad. El resto de los viajes (Ver Figura 3.36) fueron realizados para regresar a casa u otro motivo.

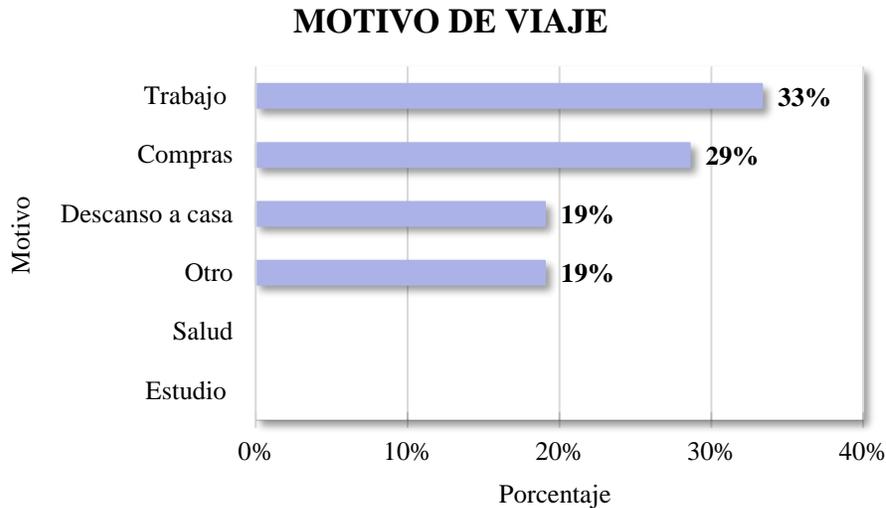


Figura 3.36. Motivo de viaje de los pasajeros en mototaxi
Fuente: Encuesta a pasajeros de mototaxis GIITRAL (2024)

Tiempo de espera

El tiempo de espera fue clasificado en seis intervalos (Ver Figura 3.37), lo que permitió agrupar la información de manera más clara. Un 28.57% de los usuarios tuvo un tiempo de espera de cinco a 10 minutos, mientras que el 14.29% esperó entre uno y cinco minutos, lo que refleja la practicidad de abordar este modo de transporte en comparación con las vagonetas. En general, los tiempos de espera no son muy prolongados, por lo que es más eficiente este modo para los usuarios dentro de Sisal.

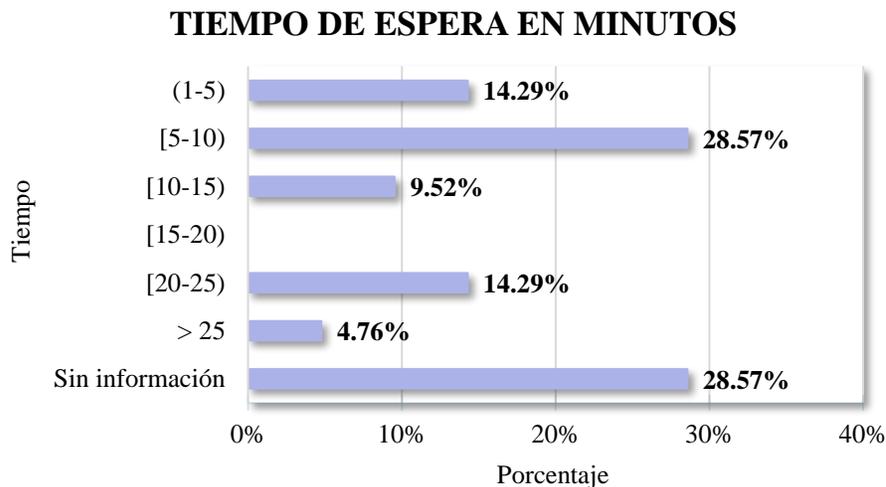


Figura 3.37. Tiempo de espera de los pasajeros que viajan en mototaxi
Fuente: Encuesta a pasajeros de mototaxis GIITRAL (2024)

Tiempo de recorrido

Al igual que en el tiempo de espera, se consideraron los mismos intervalos previamente clasificados, como se muestra en la Figura 3.38. El 52.4% de los encuestados percibió una duración del recorrido de cinco a 10 minutos, mientras que el 23.8% de 10 a 15 minutos, lo que indica que es un modo de transporte rápido para viajes dentro de Sisal.

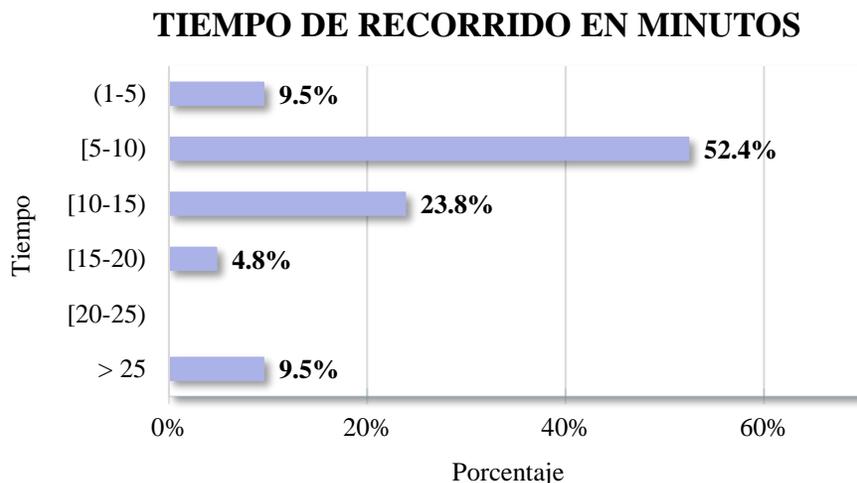


Figura 3.38. Tiempo de recorrido de los pasajeros que viajan en mototaxi
Fuente: Encuesta a pasajeros de mototaxis GIITAL (2024)

Costos

El costo del viaje en mototaxi varía entre \$10 y \$30, dependiendo de la distancia y el destino. El 80.95% de los encuestados pagó \$10 y el 9.52% pagó \$15. Los costos más elevados (\$30) son poco comunes, como se presenta en la Figura 3.39.

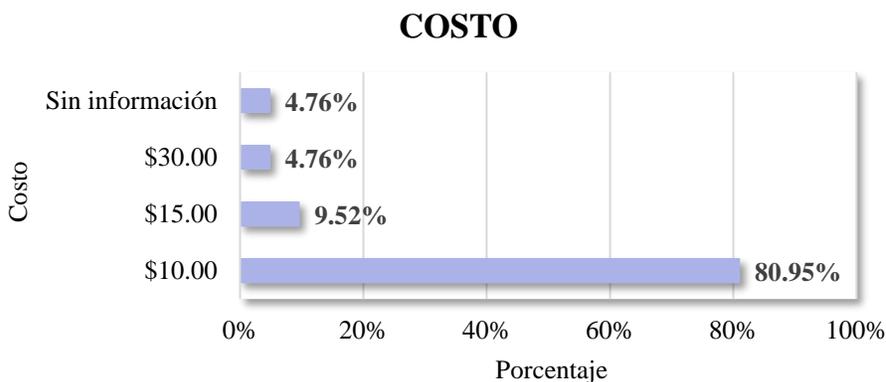


Figura 3.39. Costo de viaje en mototaxi
Fuente: Encuesta a pasajeros de mototaxis GIITAL (2024)

3.2.2.2. Líneas de deseo de los viajes

En la Figura 3.40 se presentan las líneas de deseo de los viajes en mototaxi, las cuales proporcionan una mejor visualización de los 21 viajes realizados en mototaxi.

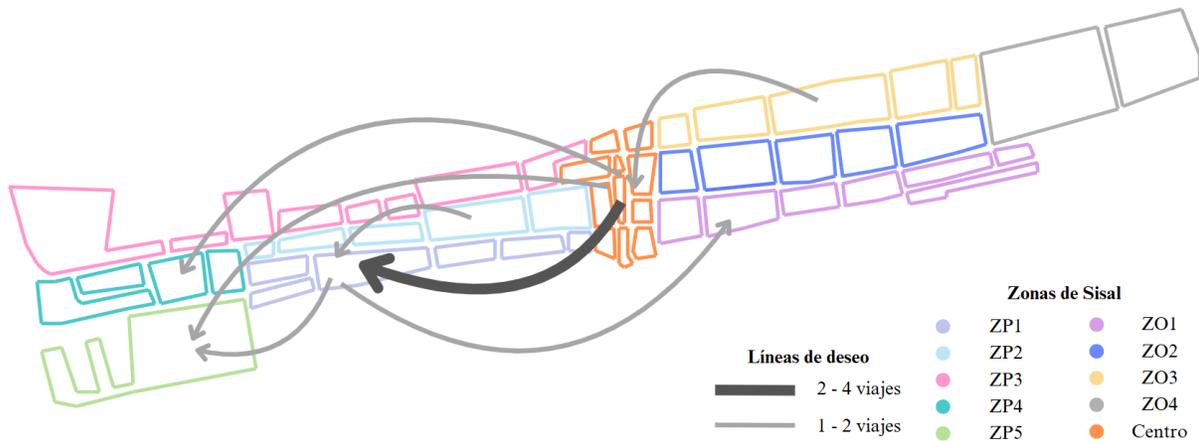


Figura 3.40. Líneas de deseo de los viajes entre orígenes y destinos dentro de Sisal en mototaxi

Fuente: Elaboración propia con información tomada de GIITRAL (2024)

3.2.2.3. Problemática de los viajes en mototaxi

Con base en la información obtenida de la encuesta, se identificaron las principales problemáticas que enfrenta el transporte de pasajeros en mototaxis. En primer lugar, se destacó la insuficiencia de este modo de transporte en la Zona Poniente Tres (ZP3), ZO2 y Zona Oriente Cuatro (ZO4) de Sisal, lo que probablemente genera demoras en el tiempo de recorrido de los usuarios. Los encuestados mencionaron la falta de paraderos, que faciliten la espera para el traslado de una zona a otra.

Los pasajeros indicaron que los mototaxis presentan daños en los asientos, lo que hace incómodo el viaje. Además, señalaron que la capacidad de estos vehículos es rebasada, debido a que los conductores suben a más personas a lo largo del recorrido, lo que representa un riesgo para la seguridad y la comodidad de los pasajeros. Finalmente, con base en el levantamiento virtual de la infraestructura vial, realizado a través de Google Earth, se identificó la insuficiencia de vialidades pavimentadas provocando un mayor desgaste en los mototaxis.

3.2.3. Viajes en autobuses

De acuerdo con (La huella de balam, 2024), los autobuses (Ver Figura 3.41) ofrecen una opción asequible y segura, especialmente porque las unidades solo se detienen en las terminales de origen y destino, lo que reduce las demoras en el tiempo de recorrido de los usuarios, ya que no hay paradas intermedias.



Figura 3.41. Terminal de autobuses de Mérida

Fuente: Vista Street View de Google Maps, fecha de captura: marzo, 2023

La terminal de Mérida se ubica en la Calle 50 entre las Calles 67 y 65, en la colonia Centro, mientras que la terminal de Sisal se encuentra en la calle principal (carretera 281 Hunucmá – Sisal), entre las Calles 21 y 2 Pte. (La huella de balam, 2024). En la Figura 3.42 se muestran las horas de salida de los autobuses por ambas terminales.

Desde: *TERMINAL SISAL*

DESTINO	HORARIOS	DÍAS
<i>SISAL A MERIDA</i>	<i>06:00-11:00</i> <i>18:00</i> <i>19:00</i>	<i>TOCOS los DIAS</i> <i>DOMINGO</i> <i>TOCOS los DIAS</i>
<i>HUNUCMA A SISAL</i>	<i>05:15-09:35</i> <i>13:55</i> <i>18:05</i>	<i>TOCOS los DIAS</i> <i>DOMINGO</i> <i>TOCOS los DIAS</i>
<i>MERIDA A SISAL</i>	<i>08:30</i> <i>12:30</i> <i>17:00</i>	<i>TOCOS los DIAS</i> <i>DOMINGO</i> <i>TOCOS los DIAS</i>

Figura 3.42. Horas de salida de los autobuses
Fuente: Canal Llegando a

Para evaluar el desempeño y las áreas de mejora de los viajes en autobús entre Mérida, Hunucmá y Sisal, se llevó a cabo una encuesta para los autobuses que salen de Sisal y una encuesta para las que llegan a la localidad. Ambas encuestas fueron diseñadas por el GIITRAL-II-UNAM, con el objetivo de recabar información importante sobre la experiencia de los usuarios y la eficiencia de este modo de transporte. La encuesta recopila datos sobre origen, destino, motivo de viaje, tiempo de espera, tiempo de recorrido y costo. En total, se obtuvo una muestra de 52 usuarios: 20 que llegan a Sisal y 32 que salen de la localidad.

3.2.3.1. Características de los viajes que llegan a Sisal en autobús

Origen

Con base en la información recabada de los encuestados que llegan a Sisal en autobús, se encontró que el principal punto de origen es Mérida, con el 55% (Ver Figura 3.43), pero también hay usuarios que inician su viaje desde Hunucmá. El destino de todas las personas es Sisal.

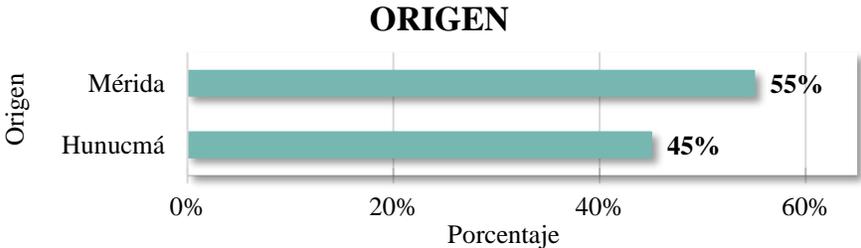


Figura 3.43. Origen de los viajes que llegan a Sisal en autobús
Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024)

Motivo

Un 30% de los viajes son motivados por razones de esparcimiento, mientras que 25% es realizado por trabajo y otro 25% para regresar a casa. El motivo del resto de los viajes se distribuyó entre actividades de compras y otros. Por lo tanto, el autobús es utilizado principalmente por motivos de esparcimiento, laborales o de regreso a casa. En la Figura 3.44, se muestra la información recabada de los viajes.

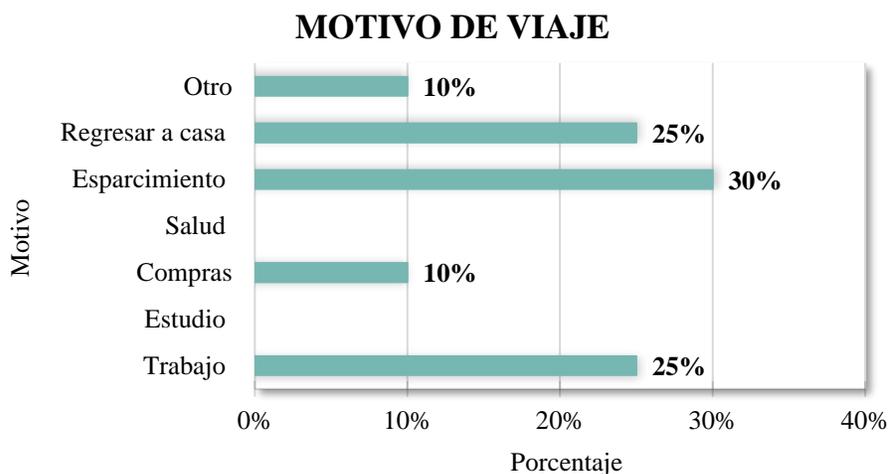


Figura 3.44. Motivo de viaje de los pasajeros que llegan a Sisal en autobús

Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024)

Tiempo de espera

El tiempo de espera se dividió en seis intervalos para agrupar la información recabada de manera más clara. Como se presenta en la Figura 3.45, el 25% de los usuarios tuvo un tiempo de espera superior a 25 minutos, mientras que un 20% esperó entre 10 y 15 minutos. Sin embargo, algunos encuestados esperaron menos de 10 minutos, lo cual representa una ventaja para ellos. Estos resultados sugieren que la mayoría de los pasajeros espera un tiempo razonable, lo que refleja que el servicio es eficiente y que el tiempo de espera no representa un inconveniente significativo para los usuarios.

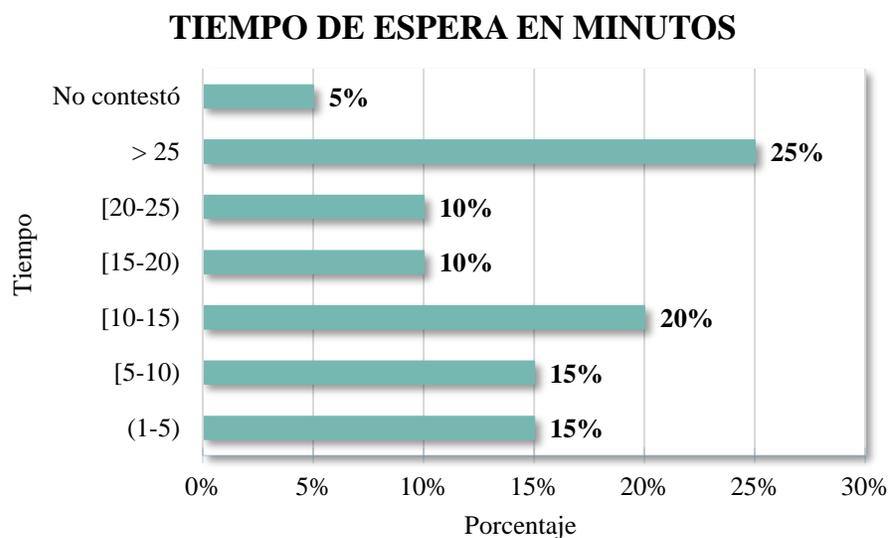


Figura 3.45. Tiempo de espera de los pasajeros que llegan a Sisal en autobús

Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024)

Tiempo de recorrido

La información obtenida sobre el tiempo de recorrido de los pasajeros se clasificó en cuatro intervalos (Ver Figura 3.46). El 45% de los encuestados percibió una duración del recorrido de 20 a 40 minutos, lo cual podría indicar que abordaron el autobús en Hunucmá. Un 35% percibió un tiempo superior a 80 minutos, lo que podría deberse a que tomaron el autobús desde Mérida para llegar a Sisal, ya que el tiempo real de recorrido (aproximadamente 55 km) oscila entre una hora y una hora y media, como se muestra en la Figura 3.47.

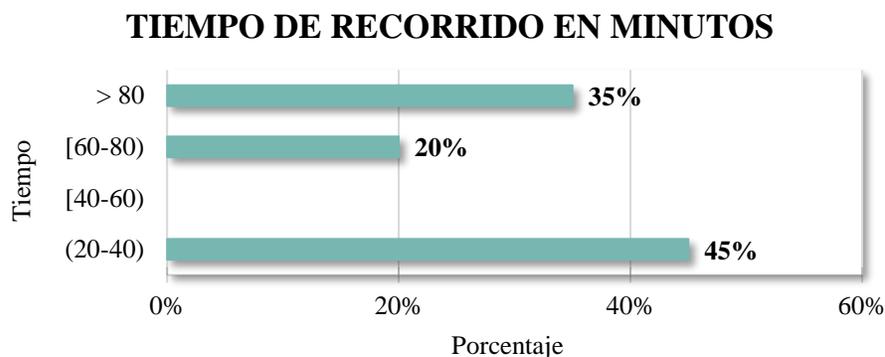


Figura 3.46. Tiempo de recorrido de los pasajeros que llegan a Sisal en autobús
Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GITRAL (2024)

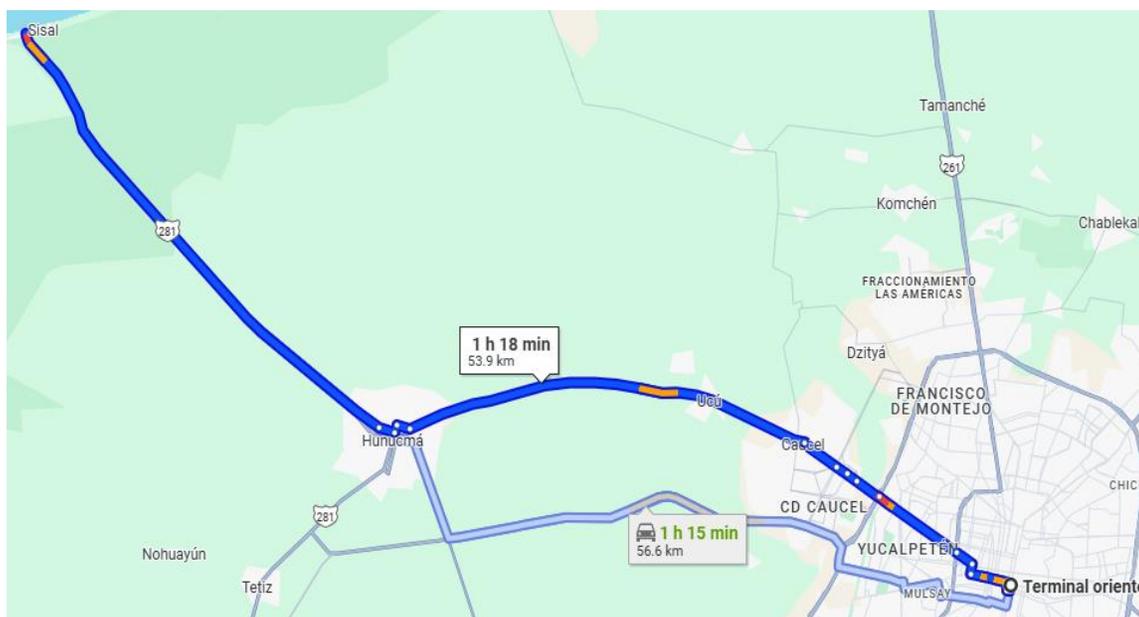


Figura 3.47. Tiempo de recorrido aproximado de la terminal de autobuses de Mérida a la terminal de autobuses de Sisal

Fuente: Vista Google Maps, fecha de captura: febrero, 2025

Costo

Los costos de los viajes en autobús varían entre \$22 y \$44, dependiendo del destino del usuario. El 40% de los encuestados pagó \$44, mientras que el 30% pagó \$22, lo que podría indicar que los primeros abordaron en Mérida y los otros en Hunucmá, respectivamente. En la Figura 3.48 se muestra la información recabada de los viajes.

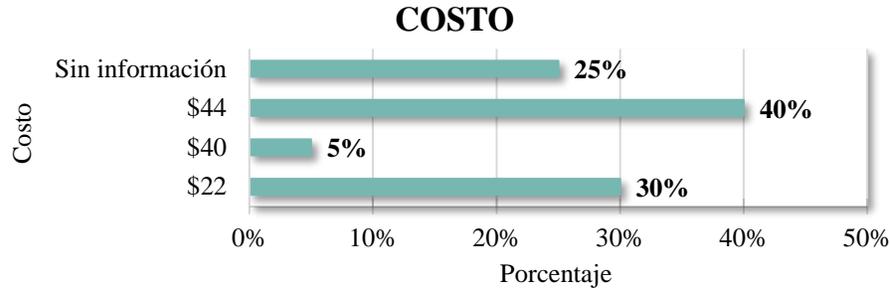


Figura 3.48. Costo de viaje en autobús

Fuente: Encuesta de pasajeros que llegan a Sisal en autobús GIITRAL (2024)

3.2.3.2. Características de los viajes que salen de Sisal en autobús

Destino

Los encuestados que salen de Sisal en autobús, tienen como principal destino a Hunucmá, con el 69%. Algunas personas tienen otro destino como Mérida (Ver Figura 3.49).

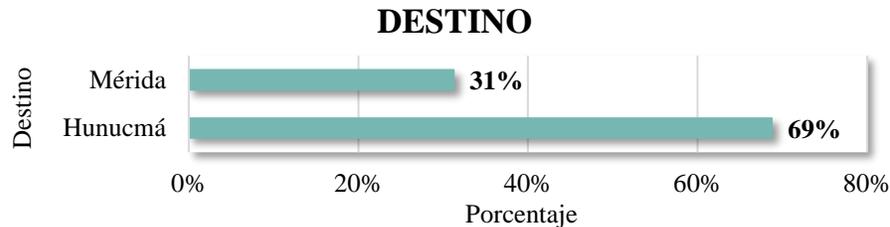


Figura 3.49. Destino de los viajes que salen de Sisal en autobús

Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en autobús GIITRAL (2024)

Motivo

El 35% de los encuestados son motivados por razones escolares, lo que puede indicar que existe una deficiencia de escuelas dentro de Sisal. Un 26% de los viajes fueron realizados por actividades laborales, mientras que el 15% por salud. El resto de los motivos de viaje se distribuyó entre esparcimiento, regresar a casa y otros. En la Figura 3.50 se muestra la información recabada de los motivos de viaje.

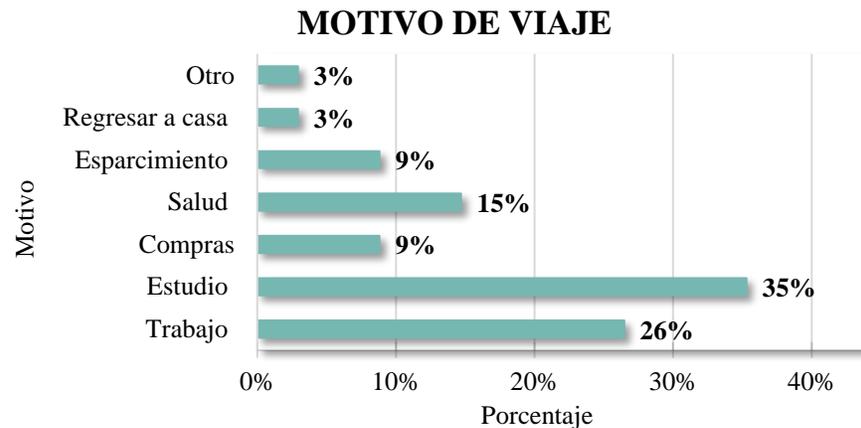


Figura 3.50. Motivo de viaje de los pasajeros que salen de Sial en autobús

Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en autobús GIITRAL (2024)

Tiempo de espera

El tiempo de espera se clasificó en seis intervalos (Ver Figura 3.51), lo que permitió agrupar la información de manera más clara. Un 26.47% de los encuestados tuvo un tiempo de espera de 10 a 15 minutos, lo que refleja eficiencia en la terminal de Sisal, mientras que el 17.65% esperó entre uno y cinco minutos, lo que podría indicar que estos pasajeros fueron los últimos en abordar el autobús. El resto de los encuestados tuvieron tiempos de espera superiores a 15 minutos. En general, los tiempos de espera en la terminal de Sisal son cortos.

TIEMPO DE ESPERA EN MINUTOS

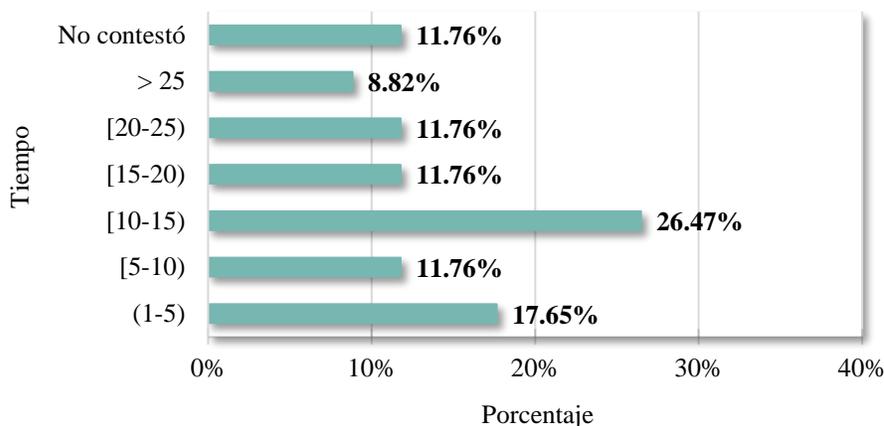


Figura 3.51. Tiempo de espera de los pasajeros que salen de Sisal en autobús

Fuente: Encuesta de pasajeros que salen a Sisal en autobús GIITRAL (2024)

Tiempo de recorrido

El 67.6% de los encuestados percibió una duración del recorrido de 20 a 40 minutos, mientras que el 17.6% tuvo una percepción de 10 a 20 minutos, lo que indica que probablemente hubo una percepción errónea o que se excedieron los límites de velocidad. Además, el 5.9% tuvo un tiempo de recorrido más prolongado, como se muestra en la Figura 3.52, lo que podría indicar que viajaron hasta Mérida.

TIEMPO DE RECORRIDO EN MINUTOS

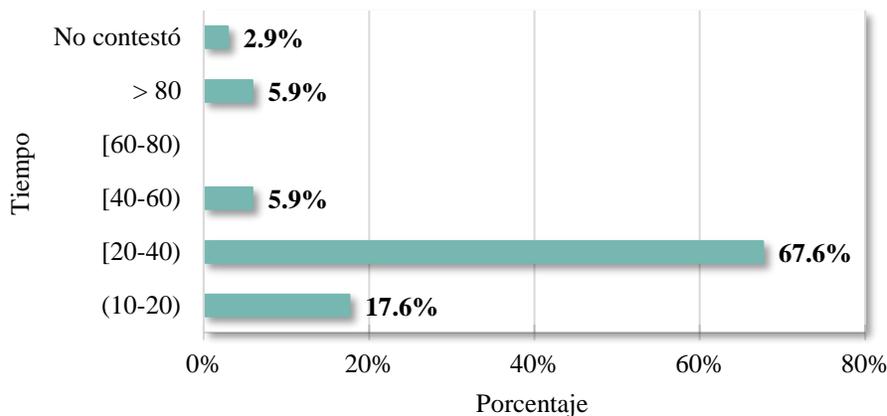


Figura 3.52. Tiempo de recorrido de los pasajeros que salen de Sisal en autobús

Fuente: Encuesta de pasajeros que salen de Sisal en autobús GIITRAL (2024)

3.2.3.3. Líneas de deseo de los viajes

En la Figura 3.53 se presentan las líneas de deseo de los viajes, las cuales facilitan la visualización de los orígenes y destinos de los 52 usuarios.

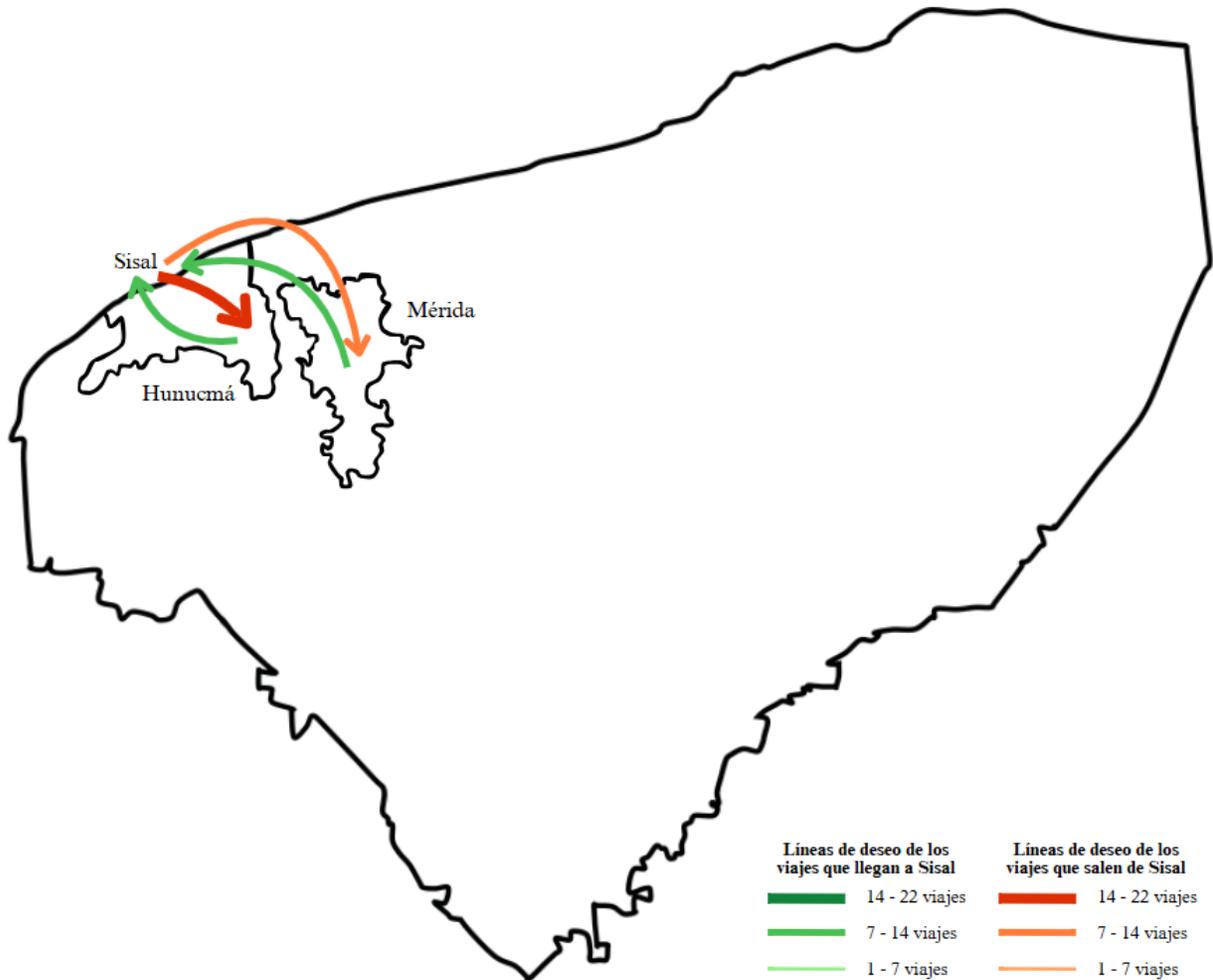


Figura 3.53. Líneas de deseo de los viajes en autobús con origen o destino en Sisal

Fuente: Elaboración propia con información tomada de GIITRAL (2024)

3.2.3.4. Problemática de los viajes que salen y llegan a Sisal

Con base en la información obtenida de la encuesta, se identificaron las principales problemáticas que enfrenta el transporte de pasajeros en autobús, tanto de los que llegan a Sisal como de los que salen de la localidad. En primer lugar, se destacó la insuficiencia de este modo de transporte y horas de salida de este mismo. Los tiempos de espera son muy prolongados (superiores a 25 minutos) y, no se respetan las paradas establecidas, ya que los encuestados mencionaron que los operadores de autobuses realizan paradas intermedias no autorizadas durante el trayecto, lo que genera incomodidad y una experiencia negativa tanto para los habitantes como para los visitantes.

3.3. TRANSPORTE DE CARGA

El transporte de carga (Ver Figura 3.54) es fundamental para la economía global, ya que facilita el suministro de bienes desde los lugares de producción hasta los mercados de consumo (Fulfillment hub USA, 2023). Con base en el levantamiento virtual de la infraestructura vial en la localidad, realizado a través de Google Earth, se identificaron diversos desafíos para el transporte de carga, entre los que destacan la insuficiencia de infraestructura vial adecuada y la limitada conectividad con otras regiones cercanas.



Figura 3.54. Camión de tres ejes de transporte de carga en Sisal
Fuente: Vista Street View de Google Earth, fecha de captura: abril, 2023

Con el objetivo de evaluar diversos aspectos como origen y destino de la carga, tipo de vehículo utilizado y tipo de carga transportada, se realizó una encuesta a los transportistas. Esta encuesta fue diseñada y administrada por el GIITRAL-II-UNAM, con el apoyo de personal local capacitado. En total, se obtuvo una muestra de 22 encuestados.

3.3.1. Características de los viajes del transporte de carga

Origen

Con base en la información obtenida de la encuesta (Ver Figura 3.55), la mayoría de los transportistas de carga provienen de Mérida, con el 72.73%. Esto resalta el papel clave de Mérida como centro logístico urbano que abastece a las zonas menos desarrolladas como Sisal, mientras que el 9.09% transportó mercancías locales.

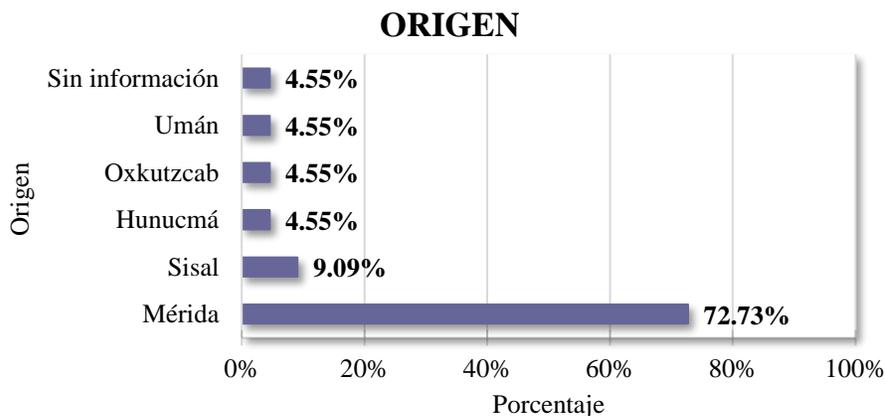


Figura 3.55. Origen de los encuestados de transporte de carga
Fuente: Encuesta a transportistas de carga GIITRAL (2024)

Destino

Se logró identificar que el principal destino de los transportistas de carga es la ZP1, con el 45.5% de los viajes, lo cual podría estar relacionado con la gran variedad de comercios presentes en la zona. El 9.1% de los viajes se realizaron hacia la Zona Oriente Uno (ZO1) y, otro 9.1% a la Zona Oriente Dos (ZO2). Las zonas menos concurridas fueron la Zona Carbonera, la cual se encuentra a 15 km aproximadamente de la Zona Centro, la ZP1, la Zona Poniente Dos (ZP2) y la ZP5 (Ver Figura 3.56).

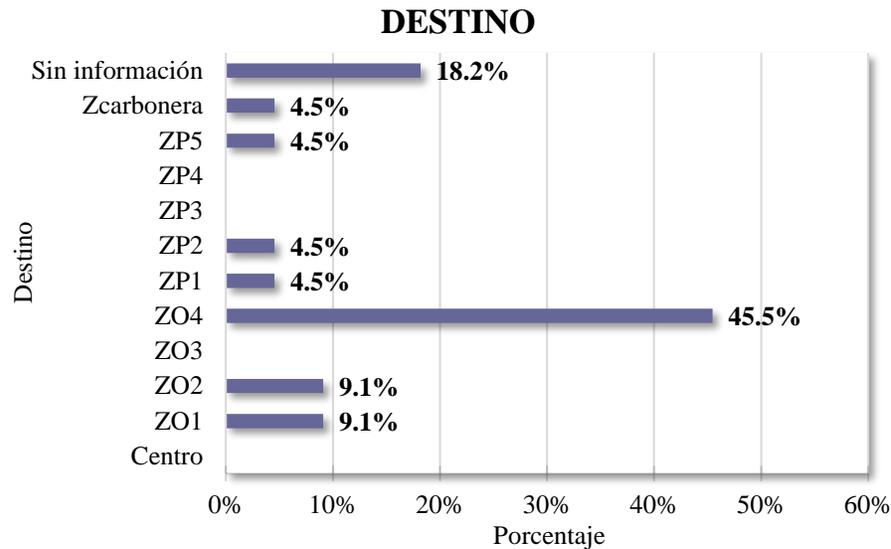


Figura 3.56. Destino de los encuestados de transporte de carga
Fuente: Encuesta a transportistas de carga GIITRAL (2024)

Tipo de vehículo

El 59% de los transportistas maneja camiones de dos o tres ejes, lo que sugiere que la mayoría de los vehículos de carga son de capacidad adecuada para trasladar volúmenes medianos de productos y mercancías que llegan a Sisal, mientras que el 27% maneja camionetas de hasta una tonelada y media y, el 9% maneja vehículos compactos, lo que podría indicar que probablemente, corresponden a encuestados locales que utilizan sus propios vehículos para abastecer sus negocios. En la Figura 3.57 se muestra la información recabada de los viajes.

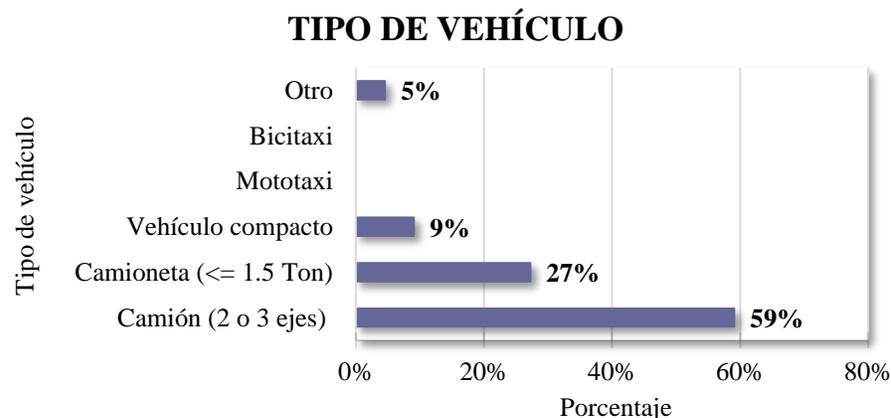


Figura 3.57. Tipo de vehículo utilizado para el transporte de carga
Fuente: Encuesta a transportistas de carga GIITRAL (2024)

Tipo de carga

El 36.36% de los encuestados transporta alimentos procesados (como productos congelados y comida rápida), los cuales probablemente se distribuyen principalmente a tiendas de abarrotes locales. Este tipo de mercancía depende en gran medida de la logística del transporte, ya que proviene principalmente de centros logísticos urbanos más grandes, como Mérida. Mientras que, el 22.73% transporta bebidas y, el 13.64% transporta materiales de construcción, necesarios para nuevas construcciones o remodelaciones en la localidad. En la Figura 3.58 se muestra la información recabada sobre los transportistas de carga.

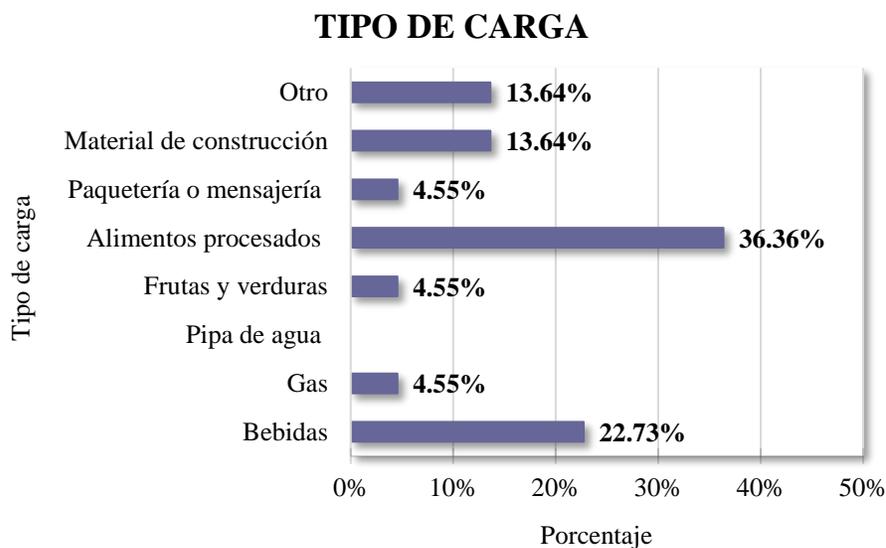


Figura 3.58. Tipo de carga que llega a Sisal

Fuente: Encuesta a conductores de transporte de carga GIITRAL (2024)

3.3.2. Problemática del transporte de carga

Con base en el levantamiento virtual de la infraestructura vial en Sisal, realizado a través de Google Earth, y la información obtenida de la encuesta, se identificaron las principales problemáticas que enfrenta el transporte de carga. Por ejemplo, el 73% de los 22 transportistas encuestados consideran que las calles están en condiciones regulares, mientras que el 27% las califica como malas. Ninguno de los encuestados reportó que las calles se encuentren en buen estado. Además, los transportistas señalaron la deficiencia e insuficiencia de señalización en la infraestructura vial. Mejorar estos aspectos podría ser clave para mejorar la logística de distribución y enriquecer la economía local.

CAPÍTULO 4

PROPUESTAS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD EN SISAL

Una vez identificadas las problemáticas, en este cuarto capítulo se presentan las propuestas para potenciar la movilidad de Sisal, para crear un entorno más seguro y fortalecer la seguridad vial de los peatones, ciclistas y conductores. Se presentan propuestas para abordar las problemáticas y mejorar la calidad de vida de los residentes y visitantes. Las propuestas se centran en el mejoramiento de la infraestructura peatonal y vial, y el transporte público.

4.1. INFRAESTRUCTURA

4.1.1. Infraestructura peatonal

Como se mencionó en el Capítulo 3 subtema 3.1.1., las banquetas presentan una de las principales problemáticas que enfrentan los habitantes y visitantes en la localidad ya que, están ausentes, deterioradas y/o mal diseñadas (Ver Figura 3.2). Para abordar esta problemática, se propone la creación de nuevas banquetas y la ampliación de banquetas existentes, con el fin de garantizar un flujo peatonal más seguro.

La NOM-004-SEDATU-2023 establece que las banquetas deben ser diseñadas con materiales antideslizantes y reciclados, permitiendo la filtración de agua al suelo; y su construcción debe realizarse por piezas modulares con el fin de facilitar su construcción y mantenimiento. Además, la misma NOM señala que las banquetas deben contar con una franja de guarnición de 15 cm de altura con respecto al nivel de arroyo vial, mientras que, para los accesos vehiculares a predios, esta altura de guarnición debe ser máximo de un cm (DOF, 2024).

En los “Criterios para el Ordenamiento del Espacio Público” del Portal de Transparencia de la Ciudad de México se menciona que, las banquetas también deben contar con una franja de circulación peatonal de 1.20 m mínimo, pero si la banqueta existente cuenta con una dimensión inferior a la establecida, ésta debe ampliarse; se recomienda siempre usar una medida superior a la mínima (SEDUVI, 2011).

A partir del levantamiento virtual realizado del ancho de calzada de las calles en Sisal, se identificó que en promedio el ancho oscila entre siete m y nueve m. Por un lado, para las calles que tengan una dimensión de siete m, se recomiendan las siguientes medidas: 1.20 m para la franja de circulación peatonal, 0.15 m para la franja de guarnición, 0.40 m para la franja de mobiliario urbano, el cual se sugiere que sea destinado a alumbrado público y, 3.5 m para el ancho de carril (Ver Figura 4.1).

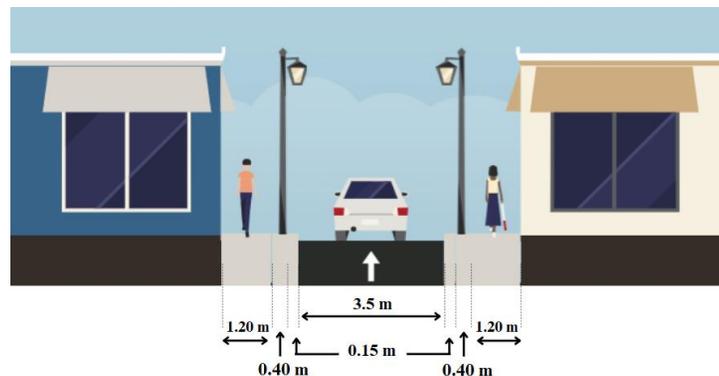


Figura 4.1. Propuesta de creación de banqueta con ancho de calzada de siete m
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para las calles que tengan una dimensión de nueve m, se recomiendan las siguientes medidas: 1.20 m para la franja de circulación peatonal, 0.15 m para la franja de guarnición y, 0.40 m para la franja de mobiliario urbano y, 2.75 para el ancho de carril (Ver Figura 4.2).

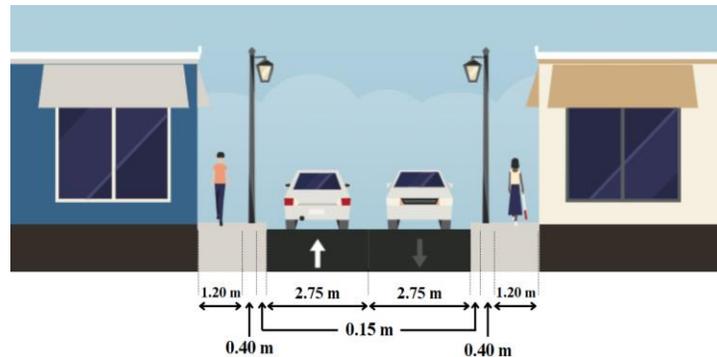


Figura 4.2. Propuesta de creación de banqueta con ancho de calzada de nueve m
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Infraestructura vial

Para abordar la problemática de la falta de señalización, tanto para los habitantes como para los turistas y transportistas de carga, se propone la instalación de señalamiento vertical como SR-6, SII de nomenclatura de dos opciones (Ver Figura 4.3), SIT y STS, en las calles de Sisal. También, se recomienda dar mantenimiento a las señales que se encuentran en mal estado, identificadas en el Capítulo 3 subtema 3.1.3.1. Sin embargo, como se menciona en el MSyDCTCC para implementar la propuesta mencionada de señales verticales es necesario realizar un estudio de tránsito previamente (DGST, 2023).

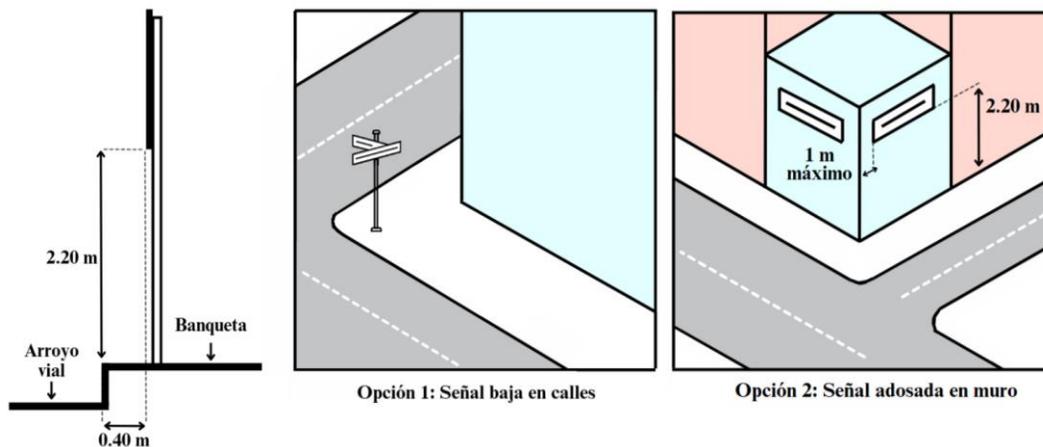


Figura 4.3. Propuesta de SII de nomenclatura para calles
Fuente: Elaboración propia con información tomada de la DGST, 2023

Respecto al señalamiento horizontal, se propone la implementación de rayas para cruces de peatones (M-7) en intersecciones, estas rayas deben ser de pintura blanca reflejante trazadas a lo largo del ancho total de la calle, con dimensiones de 40 cm de ancho y de cuatro m de alto para calles secundarias o terciarias, y de seis m para calles primarias, con una separación de 40 cm entre sí y paralelas a la trayectoria de los vehículos (DGST, 2023).

Como complemento al cruce de peatones, se propone colocar la raya de alto (M-6). Esta raya debe colocarse de manera continua, abarcando todos los carriles que tengan tránsito en el mismo sentido de

circulación, de color blanco reflejante, con un ancho de 60 cm perpendicular al eje de la calle y a 1.20 m de los cruces peatonales (DGST, 2023).

Finalmente, se propone que los carriles cuenten con la marca separadora de carriles (M-1.1). El ancho de raya debe ser de 10 cm, de color blanco reflejante, con el objetivo de identificar los carriles correspondientes en cada una de las calles; y además se sugiere implementar las flechas y leyendas de carriles (M-11.1), las cuales deben de ser de color blanco reflejante y deben estar alargadas en la dirección del tránsito (DGST, 2023). La Figura 4.4 muestra el señalamiento propuesto anteriormente.

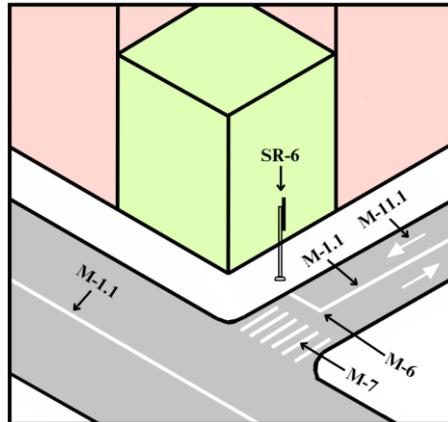


Figura 4.4. Propuesta de señalamiento en intersecciones
Fuente: Elaboración propia con información tomada de la DGST, 2023

El señalamiento tanto vertical como horizontal en escuelas debe recibir especial atención, ya que la ausencia de señalamiento representa un riesgo significativo para los estudiantes y padres de familia, especialmente en horarios de entrada y salida.

Se recomienda instalar señales adecuadas en las cuatro escuelas existentes ubicadas en la Calle 21, Calle 3 Ote. esquina con Calle 38, Calle 26 esquina con Calle 2 Pte. y, Calle 26 esquina con Calle 17, que alerten sobre la proximidad de instituciones educativas y reductores de velocidad para alertar a los conductores y obligarlos a disminuir su velocidad, con el fin de contribuir a prevenir accidentes y promover un ambiente más seguro para todos. En la Figura 4.5 se muestra la propuesta de señalamiento mínimo en zonas escolares de Sisal.

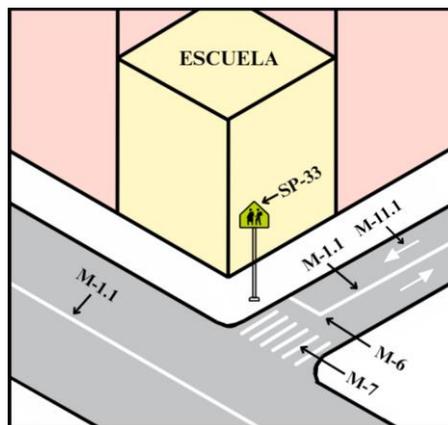


Figura 4.5. Señalamiento propuesto en zonas escolares de Sisal
Fuente: Elaboración propia con información tomada de la DGST, 2023

Finalmente, se recomienda implementar la señal SIS-11 en la entrada y a una distancia máxima de 1000 m antes de la gasolinera, ya que carece de señalización adecuada (DGST, 2023). Además, se sugiere realizar mantenimiento a las señales verticales y horizontales en la carretera Hunucmá – Sisal, lo que incluye:

- Repintar las marcas viales con pintura reflejante.
- Restaurar los indicadores de alineamiento (DD-1) deteriorados.

4.1.3. Pavimento

En cuanto a la pavimentación de las calles, es esencial abordar la situación de aquellas que no se encuentran pavimentadas y son un constante problema para los mototaxis, vehículos particulares y de transporte público y de carga. La pavimentación mejoraría la accesibilidad entre las distintas zonas de la localidad, facilitando el desplazamiento de los habitantes, los turistas y el transporte de carga.

Cementos INKA (2019) destaca que la pavimentación contribuye a una mayor seguridad vial, ya que reduce los riesgos asociados con baches y calles en mal estado, disminuyendo las posibilidades de accidentes tanto para vehículos como para peatones. Aunado a esto, una mayor calidad en las calles también tiene un impacto positivo en la estética de la localidad y, por ende, en la experiencia de los turistas, como lo indican algunos usuarios encuestados que señalaron la necesidad de pavimentar las calles. Para los transportistas de carga, la pavimentación facilitaría el desplazamiento de bienes y servicios, favoreciendo el crecimiento económico de Sisal.

Considerando las características de la localidad mencionadas en el Capítulo 1 como la temperatura, la ubicación geográfica y la precipitación, se propone la implementación de un Fondo para el Desarrollo de Pueblos Mágicos (FDPM) y que una parte del Fondo sea destinada al mejoramiento de las calles de Sisal, mediante la pavimentación y mantenimiento de aquellas que lo requieran.

Para seleccionar el tipo de pavimento adecuado, es necesario tomar en cuenta los factores que afectan su diseño. Según Garnica & Hernández (2013), estos factores incluyen:

- tránsito vehicular,
- criterios de falla,
- estructuras y propiedades de los materiales y
- factores ambientales.

Por lo tanto, se propone la previa realización de un estudio de mecánica de suelos, un estudio climatológico y un estudio de tránsito que proporcionen información sobre los factores mencionados por Garnica. Sin embargo, tras realizar una visita virtual del tipo de pavimento a través de Google Street View en municipios costeros del estado de Yucatán, como Progreso y Celestún, se observó que las calles cuentan con un pavimento flexible (asfalto). En consecuencia, se sugiere utilizar este mismo material, ya que se considera que estos municipios comparten factores ambientales y tipo de suelo similares a los de Sisal, por lo que el asfalto es una opción viable para la pavimentación en Sisal.

4.2. TRANSPORTE PÚBLICO

En el Capítulo 3 subtema 3.2 y 3.3, se presentan las problemáticas más relevantes para cada modo de transporte, tanto para el transporte de pasajeros y el transporte de carga. Las principales problemáticas son la falta de horas de salida para satisfacer las necesidades de los usuarios del transporte público, tanto de vagonetas, mototaxis y autobuses; la falta de limpieza y aire acondicionado de las vagonetas, y la poca comodidad de vagonetas y mototaxis.

Para enfrentar esta situación, se propone destinar otra parte del FDPM para el mejoramiento del transporte público y la infraestructura de éste. Este fondo podría ser administrado por el Gobierno del Estado y representaría una oportunidad estratégica para elevar la calidad de vida de los habitantes y visitantes. Un ejemplo relevante de la creación de un fondo similar se encuentra en el estado de Jalisco, de acuerdo con Ruiz (2025), el gobernador anunció una inversión de 100 millones de pesos destinados a los Pueblos Mágicos del estado, para la promoción turística y la infraestructura. Se propone que la distribución de recursos del Fondo se realice con base en las necesidades específicas de cada Pueblo Mágico del estado.

En el caso de Sisal, parte de los recursos se destinarían al aumento, la renovación y/o el mantenimiento de las unidades de transporte público, específicamente vagonetas, mototaxis y autobuses, lo cual contribuiría a mejorar la calidad del servicio y a reducir los tiempos de espera que actualmente afectan a los habitantes y turistas.

Además, se propone que el mismo Fondo ofrezca préstamos con tasas de interés bajas a propietarios locales de unidades de transporte público, facilitando así la renovación de sus vehículos. Esto podría ser similar al *Programa de Financiamiento al Transporte Público Individual Sostenible 2023*, implementado en la Ciudad de México por la Secretaría de Movilidad (SEMOVI), que brinda apoyos económicos a los concesionarios de transporte público para sustituir unidades antiguas por vehículos nuevos, híbridos o eléctricos, cumpliendo con altos estándares de seguridad, accesibilidad y bajas emisiones contaminantes (SEMOVI, 2023).

La propuesta específica para el aumento de unidades es la siguiente:

- Vagonetas: cuatro unidades
- Mototaxis: tres unidades
- Autobuses: dos unidades

Este planteamiento se basa en los resultados obtenidos de la encuesta a los pasajeros, los cuales señalaron la necesidad de más unidades y horas de salida del servicio. Para obtener el número de unidades aumentadas, se dividió el número de encuestados que destacaron la necesidad de más unidades entre la capacidad de pasajeros de los vehículos, obteniendo así el número de unidades adicionales.

Los vehículos que se proponen son “Toyota Hiace 12 pasajeros” o “Nissan Urvan 14 pasajeros Amplia AA” para las vagonetas (Ver Figura 4.6), para los mototaxis se recomienda el “Bajaj MAXIMA Z” o “Kingway KW200ZH-5PAS” (Ver Figura 4.7), mientras que, para los autobuses se sugiere renovar el modelo actual.



Figura 4.6. Toyota Hiace 12 pasajeros y Nissan Urvan 14 pasajeros Amplia AA

Fuente: Toyota, 2025 y Nissan, 2025



Figura 4.7. Bajaj MAXIMA Z o Kingway KW200ZH-5PAS
Fuente: Indian Trading Company, 2020 y Kingway MX, 2025

La selección de estos vehículos se basó en los siguientes criterios para garantizar que cubran adecuadamente las necesidades de los habitantes y turistas:

- espacio,
- comodidad,
- costo,
- diseño y
- rendimiento.

El espacio es fundamental, ya que se requiere garantizar suficiente capacidad para los pasajeros, sin que se sientan incómodos o amontonados. Los vehículos seleccionados, como la Toyota Hiace y la Nissan Urvan ofrecen una distribución del espacio, permitiendo un viaje más cómodo y seguro.

Para los mototaxis, el Bajaj MAXIMA Z y el Kingway KW200ZH-5PAS brindan un espacio adecuado para tres o más pasajeros, permitiendo que los usuarios transporten sus mercancías y artículos personales de manera práctica.

La comodidad también es un criterio importante, ya que los pasajeros deben disfrutar el trayecto de su viaje. Los vehículos seleccionados cuentan con asientos cómodos y un diseño interior agradable al usuario. El precio debe garantizar que la adquisición y los costos operativos sean accesibles. Los vehículos propuestos son económicos y responden adecuadamente a la relación precio-calidad. El diseño debe ser funcional y adaptado a las necesidades del servicio de transporte. Los vehículos propuestos tienen un diseño práctico, facilitando la operación de los vehículos y el acceso de los pasajeros. Finalmente, el rendimiento es crucial para garantizar que los conductores de los vehículos propuestos ahorren en combustible. En la Tabla 4.1 se presentan algunas características de los cuatro vehículos propuestos.

Tabla 4.1. Características de los vehículos propuestos

MARCA Y MODELO			
Vagoneta		Mototaxi	
Toyota Hiace 12 pasajeros	Nissan Urvan 14 pasajeros Amplia AA	Bajaj MAXIMA Z	Kingway KW200ZH-5PAS
\$780,300*	\$823,900*	\$120,000*	\$110,000*
12 km/l	11.5 km/l	26 km/l	23 km/l

Aire acondicionado Cinturones de seguridad de tres puntos Conectores USB Asientos en tela con ajuste manual	Aire acondicionado Cinturones de seguridad de dos puntos Asientos en tela con ajuste manual Portavasos	Puertas para pasajeros Techo reforzado de lona Asientos en tela y vinipiel Espacio de carga detrás de los asientos Asientos reclinables para mayor capacidad	Puertas para pasajeros Techo fibra de vidrio Agarraderas Asientos en tela y vinipiel Espacio de carga debajo de los asientos
Gasolina	Gasolina	Gasolina	Gasolina
12 pasajeros	14 pasajeros	3 pasajeros	5 pasajeros

*Los costos pueden variar

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de las fichas técnicas

No obstante, alineado con los principios de sostenibilidad, se plantea como propuesta a mediano plazo la incorporación de un vehículo híbrido para las vagonetas y uno eléctrico para los mototaxis. Las opciones sugeridas son la Nissan Serena e-POWER y el Bajaj RE Electric, provenientes de Japón e India, respectivamente. Cabe destacar que actualmente el mercado automotriz híbrido y eléctrico apenas comienza a consolidarse en México, y estos modelos aún no se comercializan de forma oficial en el país.

Para los vehículos que actualmente prestan el servicio, se propone que las unidades de modelos anteriores a 2015 sean sustituidas por las mencionadas anteriormente; en cuanto a las unidades de modelos superiores a 2015, se debe realizar una evaluación de la unidad por parte de la Dirección de Transporte de la cabecera municipal (Hunucmá), con el objetivo de determinar el mantenimiento necesario.

Debido a la escasez de información respecto a los criterios que deben seguir las vagonetas para prestar el servicio de transporte público en el estado de Yucatán, se propone que se adopten los criterios establecidos por la SEMOVI, (2022), con el objetivo fin de asegurar que las vagonetas cumplan con los criterios mínimos para poder prestar el servicio. Algunos de los criterios se enlistan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Criterios generales que deben cumplir los vehículos tipo vagoneta

Criterio	Definición de criterio
Capacidad de vehículo	De hasta nueve pasajeros sentados incluyendo el conductor De hasta 15 pasajeros sentados incluyendo el conductor De hasta 23 pasajeros sentados incluyendo el conductor
Altura interior	Altura mínima de 1.35 m para vehículos de hasta nueve pasajeros incluyendo el conductor Altura mínima de 1.65 m para vehículos de hasta 15 y 23 pasajeros incluyendo el conductor
Largo máximo exterior	7.5 m (distancia entre ambas defensas del vehículo)
Distancia de piso a plataforma de asientos	Máximo 0.7 m

Altura de piso a primer escalón	Máximo 0.4 m
Estribo o escalón retráctil	Plegable, sin que sobresalga de la carrocería cuando el vehículo esté en movimiento
Número de puertas	Cuatro (conductor, copiloto, principal lateral corrediza del lado derecho y trasera) La puerta trasera debe poder abrirse desde el interior en casos de emergencia
Piso	Piso antiderrapante y de alto tráfico
Espejos interiores	Espejo retrovisor panorámico
Mampara	Mampara o elemento divisorio transparente, entre el área de conducción y el habitáculo posterior, que permita la visibilidad del conductor con los pasajeros
Ventanillas	Ventanillas con cristales deslizables (con excepción de la puerta trasera que deben de ser cristales fijos) Una de cada lado con mecanismo para retiro o para fragmentación, debidamente señalados con leyendas e instrucciones de apertura Vidrio templado para ventanillas laterales y posterior
Cinturones de seguridad retráctiles	Asiento de conductor: tres puntos Asiento acompañante delantero: tres puntos Asiento central acompañante delantero: tres puntos Asientos de pasajeros: dos puntos mínimos (preferentemente tres puntos)

Fuente: SEMOVI, 2022

A su vez, para que el FDPM se utilice para mejorar el transporte público se propone que el servicio cumpla con una mínima calidad:

- buena presentación del conductor (uniforme),
- aire acondicionado y
- limpieza de las unidades (interior y exterior).

Para que esto se lleve a cabo, se sugiere que se cuente con un agente de control de calidad en cada terminal que vigile si se cumplen o no la mínima calidad del servicio.

Aunado a esto, se propone que la Dirección de Transporte de Hunucmá implemente una regulación para el transporte público, estableciendo horas de salida para las vagonetas y autobuses. Se sugiere que los horarios sean de 05:00 a 20:00 de lunes a viernes, de 07:00 a 19:00 los sábados y, de 08:00 a 18:00 los domingos, con una frecuencia de salida cada 30 minutos. Esta propuesta tiene como objetivo atender las necesidades de los usuarios que viajan a Sisal durante los horarios vespertinos y/o diurnos. Además, se espera que genere beneficios para los habitantes, mejorando la calidad del servicio. Esto también podría tener un impacto positivo en la experiencia de los turistas y, como resultado, en la economía local, dado que un transporte eficiente y cómodo es clave para promover el turismo en Sisal.

Además de las mejoras en las unidades de transporte público, los encuestados señalaron la necesidad de la construcción de paraderos techados. Molinero & Sánchez (2002) mencionan que, para promover la construcción de paraderos es necesario cumplir con las siguientes condiciones:

-Existe una insuficiencia en la capacidad de la acera

-Existe una fuerte concentración de autobuses que operan en rutas alimentadoras, justificándose su construcción cuando se presentan 50 autobuses durante la Hora de Máxima Demanda (HMD) en su punto terminal

-Cuando las actividades de ascenso/descenso de pasaje en un cierre de circuito desquicia severamente el tránsito en general

-Existe una oferta de espacios en cantidad suficiente y en el lugar indicado.

No obstante, en Sisal, las condiciones climáticas suelen ser extremas, con temperaturas y niveles altos de radiación ultravioleta (UV), esta situación resulta perjudicial para la salud de los usuarios del transporte público, quienes deben esperar las unidades bajo estas condiciones. Por esta razón, en la Figura 4.8 se muestra un paradero recomendado para las vagonetas y los mototaxis ubicado en la Calle 22 esquina con Calle 21.



Calle 22 esquina con Calle 21

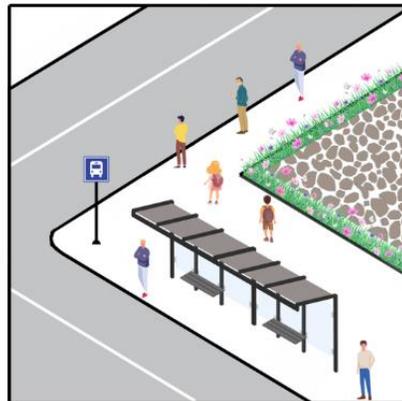


Figura 4.8. Propuesta de paraderos en la Calle 22 esquina con Calle 21

Fuente: Elaboración propia

La construcción de nuevos paraderos en las zonas más concurridas de la localidad no solo brindaría protección contra el calor extremo, sino que también mejorarían la comodidad y la imagen del destino. Una infraestructura moderna y bien diseñada permitiría a los pasajeros identificar de manera clara y ordenada los puntos de acceso al transporte público, lo que reduciría el desorden y aumentaría la eficiencia del servicio.

4.3. TRANSPORTE DE CARGA

Aunado a las propuestas mencionadas del subtema 4.1.2. y 4.2., se propone que los vehículos de carga que abastecen al comercio local utilicen tecnologías más limpias, es decir utilicen vehículos híbridos o completamente eléctricos, con el objetivo de reducir las emisiones de gases contaminantes,

contribuyendo a la mejora en la calidad del aire y la sostenibilidad ambiental de Sisal. Los vehículos híbridos o eléctricos, al funcionar con menos o ningún combustible fósil, disminuiría la contaminación ambiental y acústica, además, estos vehículos requieren menor mantenimiento y tienen un consumo energético más eficiente, lo que podría reducir costos operativos a largo plazo para las empresas de transporte (Evo mundo, 2024).

4.4. DESARROLLO URBANO Y MOVILIDAD

Con base en los lineamientos establecidos en el Capítulo 2 subtema 2.1.1. y 2.1.3. referentes a la movilidad. La LAHOTDUY y el PEDUY enfatizan la importancia de un sistema integral de transporte combinando el transporte tanto público como privado, la infraestructura vial y los servicios necesarios para garantizar una movilidad eficiente, segura y sostenible. Estos lineamientos deben ser implementados fácilmente para el desplazamiento de personas y bienes dentro de Sisal.

En este sentido, se proponen algunas recomendaciones para potenciar la movilidad en la localidad:

➤ **Movilidad no motorizada:**

Se propone fortalecer la infraestructura ciclista y peatonal, es decir, la movilidad no motorizada, como medida clave para lograr un desarrollo urbano más ordenado y sostenible en Sisal. Al crear o darle mantenimiento a los ciclocarriles y ampliar las banquetas, se organizaría el espacio público de manera más eficiente, separando las rutas para ciclistas, peatones y vehículos motorizados, con el objetivo de evitar conflictos de tránsito y garantizar un flujo vehicular adecuado.

Sin embargo, es importante considerar que Sisal presenta condiciones climáticas que dificultan la movilidad peatonal durante varios meses del año. Las altas temperaturas durante la mayor parte del año, combinadas con lluvias intensas en los meses de verano, hacen que caminar largas distancias resulte incómodo, poco práctico y, en algunos casos, riesgoso.

Además, la instalación de estacionamientos para bicicletas públicas facilitaría el uso de modos de transporte sostenible para los habitantes y turistas, reduciendo la dependencia de los vehículos privados y contribuyendo a un entorno más limpio. Aunado a esto, se contribuirá a la reducción de la huella de carbono de Sisal, al promover alternativas de transporte ecológicas, como la bicicleta y el caminar, que disminuirían las emisiones contaminantes y mejorarían la calidad del aire.

➤ **Trasporte público eficiente y sostenible:**

Se propone implementar un sistema de transporte público eficiente y sostenible, que conecte las principales zonas de Sisal, como el centro y la ZP1, así como aquellas zonas que no son cubiertas por el servicio, con el objetivo de garantizar una movilidad ordenada y fluida. Asimismo, incrementar el número de corridas e iniciar un programa que incentive de manera periódica la renovación del parque vehicular.

Un transporte público con correcta estructuración no solo reduciría la congestión vehicular, sino que también facilitaría la distribución de la movilidad equitativamente. El uso de vehículos eléctricos y/o híbridos en el transporte público sería fundamental para reducir las emisiones contaminantes y la huella de carbono. Este tipo de vehículos contribuiría a un aire más limpio y a la disminución de la dependencia de combustibles fósiles.

Aunado a esto, se propone diseñar rutas dentro de Sisal para conectar de manera eficiente las zonas de la periferia, así como implementar un horario de prestación del servicio y un programa de señalización en los paraderos, con el objetivo de una orientación accesible de los residentes y turistas. Esta propuesta facilitaría el traslado de la población de manera más eficiente y reduciría el uso de vehículos privados ya que, la mayor parte de la localidad estaría conectada por un transporte público eficiente.

➤ Accesibilidad peatonal:

Se propone también un programa que ayude a la reparación de banquetas existentes, eliminando los obstáculos que impiden el libre tránsito peatonal. Esta propuesta impulsaría una movilidad más accesible y, mejoraría el entorno de Sisal incentivando la seguridad y confort de los residentes.

➤ Jerarquización vial:

Se propone jerarquizar las calles de Sisal con base en su función y nivel de importancia dentro del sistema de transporte. Al identificar las vialidades primarias y secundarias, y rediseñar algunas calles para favorecer la movilidad no motorizada, se lograría un flujo más ordenado y eficiente.

Las calles primarias se acondicionarían con doble sentido y señalización clara para vehículos, mientras que las secundarias se adaptarían para garantizar la seguridad de peatones y ciclistas. Esta propuesta no solo mejoraría la conectividad y accesibilidad a Sisal, sino que también reduciría las áreas de congestión, mejorando el entorno urbano. La jerarquización de las calles también contribuiría a una mayor seguridad vial en las intersecciones.

➤ Modelo de desarrollo urbano sostenible:

Se propone que Sisal adopte un modelo de desarrollo urbano sostenible inspirado en el “Plan Verde de Singapur (SGP)¹⁸”, adaptado a sus necesidades locales. Esto incluiría fomentar la movilidad sostenible por medio de ciclovías o ciclocarriles para bicicletas y un sistema de transporte público ecológico con vehículos híbridos o eléctricos, la ampliación de áreas verdes (parques), la implementación de tecnologías para la gestión eficiente del agua (reciclaje y captación de aguas pluviales); con el objetivo de asegurar un uso más eficiente de este recurso. Esta propuesta busca mejorar la calidad de vida de los residentes y proteger el medio ambiente.

En este contexto, es fundamental tener en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la (ONU, 2025). Los ODS representan una estrategia global para conseguir un futuro sostenible, relacionados entre sí los ODS buscan enfrentar los desafíos globales como la degradación ambiental, el clima, la prosperidad, entre algunos más (ONU, 2020). Las propuestas anteriormente mencionadas no solo buscan potenciar la movilidad y el sistema de transporte en Sisal, sino que también se alinean con varios ODS, promoviendo una mejor calidad de vida, reduciendo la huella de carbono y contribuyendo a un desarrollo urbano sostenible. A continuación, se enlistan los ODS que se relacionan con las acciones propuestas:

- Objetivo 3: Salud y bienestar
- Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructuras
- Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles
- Objetivo 12: Producción y consumo responsables
- Objetivo 13: Acción por el clima
- Objetivo 17: Alianzas para lograr objetivos

Según la ONU (2020), el ODS 3 busca promover el bienestar para todas las personas y garantizar una vida sana, está relacionado con las propuestas de movilidad en Sisal ya que, fomentar la movilidad no motorizada (uso de bicicletas y caminar), contribuye a un estilo de vida más saludable, generando un impacto positivo en la salud física y mental de los habitantes.

El ODS 9 se centra en la construcción de infraestructuras resilientes, la promoción de la industrialización sostenible y la fomentación de la innovación (ONU, 2020). La relación entre las propuestas y dicho objetivo es el fortalecimiento de la infraestructura ciclista y peatonal, junto con el transporte público

¹⁸ El Plan Verde de Singapur (SGP) fue desarrollado en 1992 con el objetivo de asegurar que el modelo de crecimiento económico de Singapur no ponga en riesgo su entorno natural (Academia Lab, 2025).

eficiente y sostenible, contribuye a la "modernización" de la infraestructura vial, promoviendo la innovación en el diseño de espacios públicos.

El ODS 11 busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (ONU, 2020). En este sentido, las propuestas planteadas con anterioridad como el fortalecimiento de la infraestructura ciclista, la implementación y mantenimiento de nueva infraestructura peatonal, el sistema de transporte público más eficiente, la jerarquización de las calles, y la implementación del modelo de desarrollo inspirado en el SGP, no solo mejoran la conectividad y movilidad en Sisal, sino que también contribuyen a una localidad más inclusiva, accesible y ordenada, promoviendo un desarrollo urbano sostenible convirtiendo a Sisal en un lugar más seguro y resiliente para sus habitantes y visitantes.

Según la ONU (2020), el ODS 12 busca asegurar modalidades de consumo y producción sostenibles, lo cual es fundamental para mantener los medios de subsistencia de las generaciones futuras. Las propuestas están alineadas con este objetivo al fomentar el uso de modos de transporte sostenibles. Al reducir la dependencia de los vehículos privados y promover un sistema de transporte más limpio, se ayuda a un consumo responsable de recursos, es decir, se disminuye el uso de combustibles fósiles, se optimiza la eficiencia energética y se contribuye a la reducción de emisiones contaminantes. Esto no solo favorece la conservación del medio ambiente, sino que también fomenta un uso más equilibrado de los recursos naturales, con el objetivo de que las generaciones puedan disfrutar de un entorno sostenible.

El ODS 13 se centra en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (ONU, 2020). En este contexto, las propuestas mencionadas buscan reducir la huella de carbono mediante la implementación del transporte público sostenible, el uso de la bicicleta como alternativa ecológica de transporte y la ampliación de las banquetas. Estas propuestas no solo mejorarían la calidad del aire sino también fortalecerían la resiliencia al cambio climático en Sisal, orientando a la localidad a un modelo de desarrollo más sostenible.

Finalmente, el ODS 17 resalta la importancia de las alianzas y la colaboración entre gobiernos, sector privado y la sociedad civil para lograr los ODS (ONU, 2020). Las propuestas anteriormente mencionadas requieren la cooperación conjunta de todas las autoridades (locales, empresas de transporte y residentes) y el sector privado, para garantizar su implementación adecuada.

CONCLUSIONES

Esta investigación tuvo como objetivo identificar las deficiencias y problemáticas en la movilidad de Sisal y proponer soluciones para mejorarla. Esto se logró por medio de la recopilación de información, un levantamiento virtual mediante Google Earth, y encuestas realizadas a los pasajeros de los diferentes modos de transporte de la localidad y a los transportistas de carga.

Sisal, una localidad con una historia y evolución a lo largo del tiempo, ha experimentado transformaciones de suma importancia que han “moldeado” a la localidad. Desde su origen como principal puerto de Yucatán hasta su declive con el auge del henequén. La ubicación geográfica de Sisal, ha tenido un papel fundamental en su desarrollo económico de la localidad ya que, la pesca y el turismo resaltan como los principales ingresos y empleo para los residentes. Sin embargo, el transporte ha sido identificado como un obstáculo para el desarrollo de la localidad.

Designar Pueblo Mágico a una localidad con extensión territorial y densidad poblacional pequeña como Sisal, puede traer consigo algunos beneficios económicos, pero hay que considerar los posibles efectos negativos, como que la afluencia de turistas puede generar problemas de contaminación, afectando la calidad de vida de los residentes. Aunado a esto, cabe mencionar que el reconocimiento como Pueblo Mágico puede generar grandes expectativas por parte de los turistas, pero la localidad podría no estar en condiciones de satisfacerlas debido a la falta de recursos.

La normatividad en desarrollo urbano se enfrenta a un reto significativo debido a la expansión urbana descontrolada y acelerada de la localidad. A pesar de que existen lineamientos como la LAHOTDUY, el POETY, el PEDUY y el PMDU de Hunucmá, éstos no se siguen adecuadamente en Sisal. En consecuencia, ha habido a un crecimiento de asentamientos irregulares, incluso en las UGAs de la localidad las cuales son ANP. Estos asentamientos no solo ponen en riesgo la biodiversidad y ecosistemas de estas áreas, sino que también generan grandes impactos negativos en el sistema de transporte, como asentamientos con una infraestructura vial inadecuada, lo que dificulta la movilidad de vehículos y peatones.

Además, la movilidad se menciona en la normatividad, pero de manera limitada y sin suficiente enfoque, lo que es un aspecto fundamental para el desarrollo de cualquier localidad. La falta de lineamientos ha generado la creación de un sistema de transporte ineficiente y desorganizado, afectando la calidad de vida de la población y la economía local.

La movilidad en Sisal es deficiente e insuficiente, ya que su estado y la cantidad de recursos disponibles no son adecuados. Esto se deduce a partir del levantamiento virtual realizado mediante Google Earth, que reveló la ausencia de infraestructura adecuada según la jerarquía de movilidad. Por lo tanto, se puede concluir lo siguiente:

➤ Infraestructura peatonal deficiente:

Las banquetas aledañas a la calle principal (Hunucmá – Sisal), presentan obstáculos como postes, basura, cables, motocicletas, tuberías y bancas pertenecientes a las casas o locales comerciales. En consecuencia, los peatones se ven obligados a caminar por el arroyo vial, exponiéndolos a accidentes por alguna distracción de los conductores o los mismos peatones.

Además, la ausencia de las franjas correspondientes a las banquetas con base en la NOM-004-SEDATU-2023 agrava la situación ya que, durante la temporada vacacional, la afluencia de peatones en las calles se incrementa, lo que podría resultar en conflictos frecuentes entre los peatones y los conductores de vehículos motorizados. Finalmente, se observó que las banquetas carecen de accesos adecuados, como rampas para personas con discapacidad o movilidad limitada, y que hay una falta de iluminación en las calles de la periferia de la localidad, excluyendo el centro.

➤ Infraestructura ciclista inexistente:

Sisal carece de infraestructura ciclista dentro la localidad es inexistente, obligando a los ciclistas a compartir el arroyo vial con los vehículos motorizados. La ausencia de señalización tanto vertical como horizontal, que alerte a los conductores de vehículos motorizados sobre la presencia de ciclistas, vuelve inseguro el tránsito para estos últimos, ya que puede generar conflictos de tránsito. Esto desalienta el uso de la bicicleta como modo de transporte.

Finalmente, se identificó que el único ciclocarril existente se encuentra en la única vía de acceso a la localidad, es decir, la carretera 281 Hunucmá – Sisal. Este ciclocarril confirma lo anteriormente mencionado, puesto que en el levantamiento virtual realizado no se identificó ningún señalamiento vertical que alerte a los conductores sobre la presencia de un ciclocarril. Solo se identificó un señalamiento horizontal, que es una marca separadora de carril, lo cual refleja una insuficiencia y deficiencia en la infraestructura ciclista.

➤ Infraestructura vial deficiente:

La Infraestructura vial resultó deficiente e inadecuada en algunos casos. Por ejemplo, con base en el levantamiento virtual realizado se observó que el señalamiento vertical instalado en la localidad presenta daños, falta de mantenimiento y no cumple con las medidas descritas en el MSyDCTCC. Además, la señalización hacia los lugares turísticos de la localidad es insuficiente, ya que algunos lugares emblemáticos no pueden ser ubicados con facilidad por quienes visitan la localidad por primera vez. Aunado a esto, el señalamiento tanto vertical como horizontal en escuelas y centros de salud es ausente, lo que pone en riesgo a los peatones. Cabe mencionar que, las SII de nomenclatura en las calles de Sisal son inexistentes, lo que provoca la desorientación de los visitantes.

El señalamiento horizontal es en su mayoría inexistente, ya que los cruces peatonales no están definidos, al igual que la raya separadora de carriles y las señales de alto, complicando la movilidad, especialmente cuando se tienen visitantes en la localidad. Asimismo, los reductores de velocidad no cumplen con lo estipulado en el MSyDCTCC, ya que éstos carecen de pintura y dimensiones correctas.

➤ Pavimentación insuficiente:

A partir del levantamiento virtual realizado, se identificó que la pavimentación es insuficiente, ya que más de la mitad de las calles de la localidad carecen de ella. En las calles que sí cuentan con pavimento adecuado, se presentan oquedades, complicando el tránsito de los vehículos motorizado no motorizados. Esto representa un problema en Sisal, puesto que pueden aumentar los accidentes viales y el deterioro de vehículos de los residentes. Además, una ausencia de pavimentación afecta negativamente la experiencia de los visitantes.

➤ Transporte de pasajeros insuficiente:

El transporte de pasajeros en Sisal, que se realiza principalmente por tres modos de transporte: vagonetas, mototaxis y autobuses, es insuficiente para satisfacer las necesidades tanto de los habitantes como de los turistas. La falta de rutas y horas de salida frecuentes, junto con la insuficiente infraestructura vial, son solo algunas de las deficiencias que afectan la calidad del servicio. En muchos casos, la escasa disponibilidad de transporte obliga a los usuarios a tener tiempos de espera prolongados, lo que reduce la eficiencia del sistema. Además, la infraestructura vial presenta carencias significativas, como la falta de señalización adecuada y el mal mantenimiento de las calles, lo que pone en riesgo la seguridad vial y dificulta la movilidad.

El estado deficiente de las rutas de transporte, así como la falta de mantenimiento de las unidades de transporte, no solo incrementa el riesgo de accidentes, sino que también impacta negativamente la accesibilidad a servicios esenciales como la salud y la educación.

En los resultados obtenidos de las encuestas realizadas por el GIITRAL se identificó que, de los viajes realizados en vagonetas que llegan a Sisal principalmente son motivados por razones laborales y, que el principal origen de los viajes es Hunucmá, lo que refleja la dependencia de los usuarios de este modo de transporte hacia las unidades de actividades económicas de la localidad como la pesca. Aunque los tiempos de recorrido suelen ser adecuados, se detectaron problemas relacionados con el tiempo de espera de los usuarios, que en algunos casos son demasiado largos.

Los viajes que salen de la localidad, al igual que los que llegan son motivados principalmente por razones laborales y por compras, siendo el municipio de Hunucmá y Mérida los principales destinos. Estos viajes suelen ser muy frecuentes, ya que en estos municipios se ofrece una mayor variedad de servicios y productos. En consecuencia, se logró identificar en los usuarios del transporte público que, la mayoría de las personas que salen de Sisal no trabajan dentro de la misma localidad. En cuanto a los tiempos de espera, éstos resultaron ser más prolongados en comparación a los viajes que llegan a la localidad. Cabe mencionar que uno de los principales problemas señalados por los usuarios de este modo de transporte es la ausencia de un paradero que proteja de las condiciones climáticas, ya que los usuarios deben esperar bajo los rayos del sol hasta que llegue la unidad con la que iniciarán su viaje.

En los viajes realizados en mototaxi, se identificó que esta opción de transporte es ampliamente utilizada y accesible para los habitantes, dado que sus costos son más bajos en comparación con los de otros modos de transporte. Sin embargo, las principales problemáticas que enfrentan los mototaxis es la carencia de unidades en toda la localidad, ya que éstos solo se concentran en el centro y algunas calles aledañas. Además, cabe mencionar que la mayoría de los viajes se realizan del centro de la localidad a la ZP1.

Respecto a los viajes en autobús que llegan a Sisal, se observó que son motivados principalmente por razones de esparcimiento, como la visita a lugares turísticos, siendo Mérida el principal origen. Esto refleja que la mayoría de los usuarios se acercan principalmente para conocer los lugares emblemáticos de la localidad o la playa. Además, se identificó que los tiempos de recorrido son, en su mayoría, adecuados; sin embargo, se detectaron problemas relacionados con la presencia de paradas intermedias no autorizadas, aumentando el tiempo de recorrido de los usuarios. Los viajes que salen de la localidad, al igual que los que llegan son motivados principalmente por razones laborales y estudios, siendo el municipio de Hunucmá el principal destino. En consecuencia, se logró identificar que, al igual que los viajes que llegan a Sisal, se realizan paradas intermedias aumentando el recorrido de viaje.

➤ Transporte de carga ineficiente y deterioro vial:

El transporte de carga en Sisal, es un componente igualmente crítico puesto que, se enfrenta a una serie de problemas que limitan su eficiencia. Estos problemas se ven reflejados en la deficiencia de infraestructura vial y la señalización adecuada, retrasando la distribución y comercialización de productos. Estas deficiencias pueden resultar en un impacto negativo en la economía de la localidad.

En los resultados obtenidos de las encuestas realizadas por el GIITRAL se identificó que, el principal origen de los productos que abastecen a las unidades económicas de la localidad es Mérida, y que estos vehículos llegan con mayor frecuencia a la ZP1 de la localidad. El tipo de vehículo más utilizado por los transportistas es el camión de dos o tres ejes debido a que la mayoría de los viajes son para la entrega de alimentos procesados. En consecuencia, la presencia de este tipo de vehículos contribuye a que se presente un deterioro de pavimento más rápido dentro de la localidad.

➤ Sostenibilidad en Sisal:

Finalmente, se concluye que las propuestas planteadas anteriormente en el Capítulo 4, son esenciales para un desarrollo urbano más ordenado y sostenible en Sisal ya que, buscan garantizar una movilidad segura y eficiente, al mismo tiempo promueven una imagen urbana más atractiva impactando positivamente al turismo y a la económica local, alineándose así con los ODS mejorando la salud y la calidad de vida, reduciendo la huella de carbono y fomentando un consumo más responsable de los

recursos naturales. Sin embargo, se considera fundamental que, a futuro, se realicen estudios de impacto ambiental, mecánica de suelos, estudios hidráulicos y estudios de tránsito para poder conocer de manera más detallada las características físicas y operativas de la infraestructura de Sisal.

REFERENCIAS

- Abitia, 2024. *Los mototaxis en México: Un pilar económico para la población*. [En línea] Available at: <https://licenciasdeconducir.com.mx/blog/motos/motocarros/mototaxis/los-mototaxis-en-mexico-un-pilar-economico-para-la-poblacion/> [Último acceso: 11 Febrero 2025].
- Academia Lab, 2025. *Plan Verde de Singapur*. [En línea] Available at: <https://academia-lab.com/enciclopedia/plan-verde-de-singapur/> [Último acceso: 26 marzo 2025].
- Alba, S., 2024. *Cuando la fe toca el mar: peregrinación del cristo negro de Sisal*. [En línea] Available at: <https://yucatanoday.com/blog/cuando-la-fe-toca-el-mar-peregrinacion-del-cristo-negro-de-sisal> [Último acceso: 2024].
- Arreola, J., 2023. *Sisal Yucatán. Esencia de México*. [En línea] Available at: <https://esenciademexico.com.mx/2023/07/18/sisal-yucatan/> [Último acceso: 15 julio 2024].
- Avilés, J., 2021. *Receta de Ceviche Yucateco ¡Mariscos, Pescado y Camarones!*. [En línea] Available at: <https://cocineo.com.mx/receta-ceviche-yucateco/> [Último acceso: 29 julio 2024].
- Beltrán, M., 2022. *La resistencia de un pequeño puerto a convertirse en Pueblo Mágico*. [En línea] Available at: <https://corrientealterna.unam.mx/nota/sisal-la-resistencia-de-un-pequeno-puerto-a-convertirse-en-pueblo-magico/> [Último acceso: 22 noviembre 2024].
- Benítez, S., 2024. *En que consiste la veda: entendiendo las restricciones ambientales en México*. [En línea] Available at: <https://quo.mx/medio-ambiente-y-sostenibilidad/en-que-consiste-la-veda/> [Último acceso: 12 julio 2024].
- Bitácora Ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán, 2024. *Fichas UGAs*. [En línea] Available at: https://bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx/archivos/poety/Fichas_UGAs_POETY_2023_2.pdf [Último acceso: 12 octubre 2024].
- Bote, A., 2021. *Aumenta 20 por ciento el turismo en Sisal luego de distinción turística*. [En línea] Available at: <https://www.lajornadamaya.mx/yucatan/82656/aumenta-20-por-ciento-el-turismo-en-sisal-luego-de-distincion-turistica> [Último acceso: 29 julio 2024].
- Cana, M., s.f. *Fuerte de Santiago, Sisal un lugar con riqueza cultural e histórica. Pueblos México*. [En línea] Available at: <https://www.pueblosmexico.com.mx/fuerte-de-santiago-sisal-un-lugar-con-riqueza-cultural-e-historica> [Último acceso: 2024].
- Cantú Martínez, P. C., 2024. *La expansión urbana (in)sustentable*. [En línea] Available at: <https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/article/view/378/379> [Último acceso: 09 octubre 2024].

Carballo, J., 2018. *Sisal, playa familiar*. [En línea] Available at: <https://mochilerosenyucatan.com/sisal-playa-familiar/> [Último acceso: 29 julio 2024].

Cementos INKA, 2019. *Tipos de pavimentos, cuáles son y para qué sirven*. [En línea] Available at: <https://www.cementosinka.com.pe/blog/tipos-de-pavimentos-cuales-son-y-para-que-sirven/> [Último acceso: 09 febrero 2025].

Cisneros, S., 2024. *Gastronomía de Yucatán, platillos típicos que enamoran. México desconocido*. [En línea] Available at: <https://www.mexicodesconocido.com.mx/gastronomia-de-yucatan.html> [Último acceso: 2024].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2024. *Portal de Geoinformación*. [En línea] Available at: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> [Último acceso: 6 julio 2024].

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2017. *Diseño de infraestructura para la movilidad*. [En línea] Available at: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227610/1.3_dise_odeinfraestructura_1.pdf [Último acceso: 14 octubre 2024].

Diario Oficial de la Federación, 2013. *NOM-030-SSA3-2013*. [En línea] Available at: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313974&fecha=12/09/2013#gsc.tab=0 [Último acceso: 22 diciembre 2024].

Diario Oficial de la Federación, 2024. *NOM-004-SEDATU-2023, estructura y diseño para vías urbanas. Especificaciones y aplicación*. [En línea] Available at: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/944945/NOM-004-SEDATU-2023_Estructura_y_diseño_para_vías_urbanas_Especificaciones_y_aplicación.pdf [Último acceso: 14 octubre 2024].

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2006. *Acuerdo número 83. Acuerdo que reforma, adiciona y deroga diversos artículos del acuerdo número treinta y cinco de fecha veinticuatro de enero de mil novecientos noventa*. [En línea] Available at: https://www.yucatan.gob.mx/docs/diario_oficial/diarios/2006/2006-06-15.pdf [Último acceso: 16 diciembre 2024].

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2011. *Programa municipal de desarrollo urbano de Hunucmá, Yucatán. (Suplemento)*. [En línea] Available at: https://www.yucatan.gob.mx/docs/diario_oficial/diarios/2011/2011-09-28_suplemento.pdf [Último acceso: 26 noviembre 2024].

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2014. *Decreto 160/2014 por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán*. [En línea] Available at: https://www.yucatan.gob.mx/docs/diario_oficial/diarios/2014/2014-03-20_3.pdf [Último acceso: 7 mayo 2025].

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2018. *Decreto 657/2018. Por el que se aprueba y ordena la publicación de la actualización del programa de manejo del área natural protegida denominada reserva estatal El Palmar*. [En línea]

Available at: https://sds.yucatan.gob.mx/areas-naturales/documentos/Pm_ElPalmar.pdf
[Último acceso: 11 julio 2024].

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2022. *Decreto 555/2022. Por el que se modifica la constitución política del estado de Yucatán, en materia de movilidad y seguridad vial y se emite la ley de movilidad y seguridad vial del estado de Yucatán.* [En línea]
Available at:
<https://www.congresoyucatan.gob.mx/storage/legislacion/leyes/e02f2b6301605b3ba205c13810af7ee62022-11-10.pdf>
[Último acceso: 14 octubre 2024].

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2023a. *Decreto 702/2023. Por el que se expide la ley de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano del estado de Yucatán y la ley de procuración de justicia ambiental.* [En línea]
Available at: https://www.yucatan.gob.mx/docs/diario_oficial/diarios/2023/2023-12-22_2.pdf
[Último acceso: 26 septiembre 2024].

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2023b. *Decreto 692/2023. Por el que se formula y expide la actualización del programa de ordenamiento ecológico del territorio del estado de Yucatán.* [En línea]
Available at: https://www.yucatan.gob.mx/docs/diario_oficial/diarios/2023/2023-12-05_2.pdf
[Último acceso: 18 septiembre 2024].

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2024. *Decreto 783/2024. Por el que se aprueba y ordena la publicación del programa estatal de ordenamiento territorial y desarrollo urbano de Yucatán.* [En línea]
Available at: https://www.yucatan.gob.mx/docs/diario_oficial/diarios/2024/2024-07-02_3.pdf
[Último acceso: 6 noviembre 2024].

Dirección General de Servicios Técnicos, 2023. *Manual de Señalización y Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras.* [En línea]
Available at:
https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_de_se%C3%B1alizacion_y_dispositivos_para_el_control_de_transito/Manual_se%C3%B1alizacion.pdf
[Último acceso: 19 diciembre 2024].

Drones México, 2017. *El Plamar, reserva ecológica.* [En línea]
Available at: <https://youtu.be/gQzx0ZWgVuY?si=Y7GNrGHYibAmo1Lc>
[Último acceso: 15 agosto 2024].

Eddie Ruiz Fishing, 2022. *Pescado buenos robalos al amanecer \ pesca de orilla en Sisal Yucatán [Video].* [En línea]
Available at: <https://youtu.be/L2-6T5a-qGU?si=WKMBIgc3Zurg0WFc>
[Último acceso: 15 julio 2024].

Espinoza, A., 2021. *La importancia de la pavimentación de las calles en México.* [En línea]
Available at: <https://mx.erisaprojects.com/importancia-pavimentacion-calles/>
[Último acceso: 09 febrero 2025].

Evo mundo, 2024. *Coches híbridos vs. eléctricos: diferencias y ventajas.* [En línea]
Available at: <https://evomundo.es/coches-hibridos-vs-electricos-diferencias-y-ventajas/>
[Último acceso: 26 marzo 2025].

Faller, P., 2019. *El cristo negro de Sisal*. [En línea] Available at: <https://www.poresto.net/yucatan/2019/3/18/el-cristo-negro-de-sisal.html> [Último acceso: 14 julio 2024].

Farfán Cervantes, E., Peach Sánchez, L. & López, J., 2023. Las dos caras del transporte en Yucatán; en Mérida de primer mundo y el resto, con carencias. *Por Esto!*, 23 enero.

Félix, A. d. M., 2015. *Impactos del crecimiento vertical en la expansión de la zona conurbana de Querétaro*. [En línea] Available at: <http://eprints.uanl.mx/11016/1/1080215181.pdf> [Último acceso: 27 septiembre 2024].

Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2017. *Henequén, oro verde en época prehispánica*. [En línea] Available at: <https://www.gob.mx/firco/articulos/henequen-oro-verde-en-epoca-prehispanica?idiom=es> [Último acceso: 15 julio 2024].

Fraga, F., 2004. *Los habitantes de la zona costera de Yucatán: entre la tradición y la modernidad*. [En línea] Available at: <http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/mancos/cap35.pdf> [Último acceso: 10 julio 2024].

Franco, P., 2024. *Infraestructura de transporte en México: clave para el desarrollo económico*. [En línea] Available at: <https://laverdadnoticias.com/mexico/infraestructura-de-transporte-en-mexico-clave-para-el-desarrollo-economico-20241215> [Último acceso: 25 febrero 2025].

Fulfillment hub USA, 2023. *La importancia de los servicios de transporte de carga en la economía*. [En línea] Available at: <https://fulfillmenthubusa.com/la-importancia-de-los-servicios-de-transporte-de-carga-en-la-economia/> [Último acceso: 20 diciembre 2024].

Garnica, P. & Hernández, R., 2013. *Manual de Usuario IMT-PAVE 1.1*. [En línea] Available at: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt53.pdf> [Último acceso: 21 febrero 2025].

Gaviria, Z., 2009. La expansión urbana sobre las periferias rurales del entorno inmediato a la ciudad metropolitana. *Soluciones de Postgrado EIA*, Issue 3, pp. 63-74.

German, V., de la Peña, A. & García, K., 2023. *Desarrollo económico, inversión en transporte y urbanización en México: causalidad y efectos*. [En línea] Available at: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-86692023000100004#:~:text=El%20sistema%20de%20transporte%20es%20determinante%20del%20progreso,mercados%20e%20impulsa%20la%20competitividad%20de%20sectores%20estrat%C3%A9gicos. [Último acceso: 25 febrero 2025].

Gómez, R., 2024. *Listo el festival de la veda; inicia este sábado. El cronista Yucatán política cultura*. [En línea] Available at: <https://elcronistayucatan.mx/2024/02/20/listo-el-festival-de-la-veda-inicia-este-sabado/#:~:text=Del%202024%20de%20febrero%20al%2031%20de%20marzo%2C,de%20restricci%C3%B3n%20de%20la%20captura%20de%20esta%20especie>. [Último acceso: 12 julio 2024].

González, E. d. P. & García, A., 2024. *Últimos paraísos. Urbanización del espacio rural y resistencia social en el Pueblo Mágico de Sisal, Yucatán.* [En línea] Available at: <https://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/60862> [Último acceso: 22 diciembre 2024].

Google, s.f. *Taxis Hunucmá-Sisal - Terminal Sisal.* [En línea] Available at: <https://maps.app.goo.gl/eBqt8tihKhCZ4ych6> [Último acceso: 10 febrero 2025].

Greenfield, E., 2024. *Efectos de la urbanización sobre el medio ambiente.* [En línea] Available at: <https://www.sigmaearth.com/es/efectos-de-la-urbanizaci%C3%B3n-en-el-medio-ambiente/#:~:text=Explore%20los%20efectos%20multifac%C3%A9ticos%20de%20la%20urbanizaci%C3%B3n%20en,estrategias%20y%20soluciones%20innovadoras%20para%20mitigar%20estos%20impactos> [Último acceso: 3 octubre 2024].

Hau, R., 2022. *Magia de Sisal, amenazada por el desarrollo urbano y devastación del manglar.* [En línea] Available at: <https://www.porestonet.net/yucatan/2022/4/13/magia-de-sisal-amenazada-por-el-desarrollo-urbano-devastacion-del-manglar.html> [Último acceso: 29 julio 2024].

Hau, R., 2023. *Avalancha de visitantes en el Pueblo Mágico de Sisal deja a los pobladores sin servicios básicos.* [En línea] Available at: <https://www.porestonet.net/yucatan/2023/10/31/avalancha-de-visitantes-en-el-pueblo-magico-de-sisal-deja-los-pobladores-sin-servicios-basicos.html> [Último acceso: 18 noviembre 2024].

Indian Trading Company, 2025. *Maxima Z.* [En línea] Available at: <https://mototaxisbajaj.com/MaximaZ.html> [Último acceso: 02 abril 2025].

Instituto Mexicano del Transporte, 2009. *Catálogo de deterioros en pavimentos flexibles de carreteras mexicanas.* [En línea] Available at: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt21.pdf> [Último acceso: 10 febrero 2025].

Instituto Mexicano del Transporte, 2011. *Diagnóstico de las características superficiales de los pavimentos.* [En línea] Available at: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt111.pdf> [Último acceso: 09 febrero 2025].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024. *Geografía y medio ambiente.* [En línea] Available at: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/default.html> [Último acceso: 17 julio 2024].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020a. *Censo de Población y Vivienda 2020.* [En línea] Available at: <https://www.inegi.org.mx/app/cpv/2020/resultadosrapidos/default.html> [Último acceso: 6 julio 2024].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020b. *Diversidad.* [En línea] Available at: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/yuc/poblacion/diversidad.aspx#:~:text=78%20%25%20de,la%20poblaci%C3%B3n%20es%20cat%C3%B3lica> [Último acceso: 17 julio 2024].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024. *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
[Último acceso: 11 2024].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024. *Mapas*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
[Último acceso: 2 octubre 2024].

Josefina, R., 2025. *Anuncia Pablo Lemus bolsa de 100 mdp para los 12 Pueblos Mágicos de Jalisco*. [En línea]
Available at: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/anuncia-lemus-bolsa-100-mdp-12-pueblos-magicos-jalisco>
[Último acceso: 13 marzo 2025].

Kingway MX, 2025. *Mototaxi de gasolina*. [En línea]
Available at: <https://www.kingwaymx.com/listings/mototaxi-de-gasolina/>
[Último acceso: 02 abril 2025].

La huella de balam, 2024. *¿Cómo llego a Sisal pueblo mágico en transporte público?*. [En línea]
Available at: https://youtu.be/KSv15pd93VU?si=UuRsfU_rnETeH1Be
[Último acceso: 18 diciembre 2024].

Llegando a, 2023. *¡Llegando a! Sisal en transporte público!*. [En línea]
Available at: https://youtu.be/ONfySf2SR-A?si=Ei1D9psdoblchE_e
[Último acceso: 20 diciembre 2024].

López Hernández, V., 2024. *Construyendo el futuro de México: infraestructura para la movilidad social*. [En línea]
Available at: <https://www.sinembargo.mx/4495098/construyendo-el-futuro-de-mexico-infraestructura-para-la-movilidad-social/>
[Último acceso: 25 febrero 2025].

López, L. A., 2021. *Un modelo de crecimiento urbano vertical con factores característicos basado en inteligencia artificial*. [En línea]
Available at: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/112219/Tesis%20evaluacion%20grado%20LALR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
[Último acceso: 22 diciembre 2024].

Mantilla, B., 2021. *Sisal Yucatán una joya cerca de Mérida. Info Quintana Roo*. [En línea]
Available at: <https://infoquintanaroo.com/sisal-yucatan/>
[Último acceso: 2024].

Marínez Celis, L. E., 2023. *Pavimento flexible vs. pavimento rígido: ¿Cuál es la Diferencia?*. [En línea]
Available at: <https://noticiaselingeniero.com/pavimento-flexible-pavimento-rigido/>
[Último acceso: 09 febrero 2025].

Méndoza Ávila, N. V., 2024. *Transporte público y movilidad cotidiana en el municipio de La PaZ Estado de México: políticas públicas y calidad de vida*. [En línea]
Available at: http://132.248.9.195/ptd2024/jul_sep/0862163/Index.html
[Último acceso: 25 febrero 2025].

México Histórico, s.f. *El palo de tinte: una planta mexicana utilizada para obtener colorantes naturales*. [En línea]

Available at:
[https://www.mexicohistorico.com/paginas/el_palo_de_tinte_una_planta_mexicana_utilizada_para_obte
ner_colorantes_naturales.html](https://www.mexicohistorico.com/paginas/el_palo_de_tinte_una_planta_mexicana_utilizada_para_obtener_colorantes_naturales.html)
[Último acceso: 11 julio 2024].

Meza, Y. T., 2022. *Perspectivas locales sobre el turismo en sisal, yucatán y sus implicaciones en la conservación de los ecosistemas de playas y dunas costeras en el contexto de la designación de pueblo mágico.* [En línea]
Available at: <http://132.248.9.195/ptd2022/diciembre/0833650/Index.html>
[Último acceso: 5 julio 2024].

Mhcyh, 2023. *La evolución de los medios de transporte a través de la historia.* [En línea]
Available at: https://institutointernet.net/la-evolucion-de-los-medios-de-transporte-a-traves-de-la-historia/#transporte_publico_individual
[Último acceso: 25 febrero 2025].

Molina, L., 2023. *Urbanización: Impacto en la sociedad y el medio ambiente, causas, beneficios y consecuencias.* [En línea]
Available at: <https://enciclopedia.com/urbanizacion-impacto-en-la-sociedad-y-el-medio-ambiente-causas-beneficios-y-consecuencias/>
[Último acceso: 20 octubre 2024].

Molinero, A. & Sánchez, I., 2002. *Transporte público planeación, diseño, operación y administración.* México: Fundación ICA.

Mozo Sánchez, J., 2011. *Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trezados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000 aplicando MathCad.* [En línea]
Available at: http://132.248.9.195/ptb2011/junio/0670331/0670331_A1.pdf
[Último acceso: 2024].

NeoArquitectos, 2017. *Modelo de expansión vertical en ciudades.* [En línea]
Available at: <https://www.neoarquitectos.es/modelo-de-expansion-vertical-en-las-ciudades/>
[Último acceso: 26 noviembre 2024].

NISSAN, 2025. *Nissan Urvan precios y versiones.* [En línea]
Available at: <https://www.nissan.com.mx/vehiculos/todos/urvan/precios-y-versiones.html>
[Último acceso: 02 abril 2025].

Organización de las Naciones Unidas, 2018. *Más urbanización y más concentrada.* [En línea]
Available at: <https://news.un.org/es/audio/2018/05/1433872>
[Último acceso: 7 mayo 2025].

Organización de las Naciones Unidas, 2020. *Objetivos de desarrollo sostenible.* [En línea]
Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
[Último acceso: 02 abril 2025].

Organización de las Naciones Unidas, 2022. *La urbanización sostenible ha de llegar a todos los países, y no ser un beneficio de unos pocos.* [En línea]
Available at: <https://news.un.org/es/story/2022/04/1507862>
[Último acceso: 7 mayo 2025].

Ortuya, N., 2023. *Mototaxi en México: ¿Una buena alternativa de transporte?.* [En línea]
Available at: <https://www.autofact.com.mx/blog/mi-moto/conduccion/mototaxi>
[Último acceso: 24 febrero 2025].

Osegueda, R., 2020. *Sisal, un pueblo paradisiaco en Yucatán*. [En línea] Available at: <https://www.mexicodesconocido.com.mx/sisal-un-pueblo-paradisiaco-en-yucatan.html> [Último acceso: 2 julio 2024].

Piundo, D., 2024. *¿Qué es y cómo funciona la señalización inclusiva?*. [En línea] Available at: <https://ccimasenalizaciones.pe/senalizacion-2/391-que-es-como-funciona-la-senalizacion-inclusiva/> [Último acceso: 29 01 2025].

Ramírez, O., 2021. *Casa de la emperatriz Carlota. México desconocido*. [En línea] Available at: <https://escapadas.mexicodesconocido.com.mx/attractivos/casa-de-la-emperatriz-carlota/> [Último acceso: 10 julio 2024].

Reina, J. C., 2023. *La importancia del transporte: Definición, tipos y su impacto en nuestra sociedad*. [En línea] Available at: <https://elsabernoocupalugar.net/transporte/> [Último acceso: 2 julio 2024].

Revista Yucatán, 2021. *Maní y Sisal muestran firmes avances en infraestructura y promoción, tras nombramiento como Pueblos Mágicos..* [En línea] Available at: <https://www.revistayucatan.com/v1/turismo/mani-y-sisal-muestran-firmes-avances-en-infraestructura-y-promocion-tras-nombramiento-como-pueblos-magicos/> [Último acceso: 14 julio 2024].

Rodríguez, W., 2022. *Cochinita pibil: sabor y tradición de Yucatán. Larousse cocina*. [En línea] Available at: <https://laroussecocina.mx/blog/cochinita-pibil-sabor-y-tradicion-de-yucatan/> [Último acceso: 2024].

Sánchez, A., 2023. *Variación espacio-temporal de plaguicidas organoclorados en el puerto de Sisal, Yucatán*. [En línea] Available at: <http://132.248.9.195/ptd2023/noviembre/0849509/Index.html> [Último acceso: 2024].

Schuster, J. P., Vich, G. & Miralles, C., 2023. *Expansión urbana más allá del límite urbano: un análisis de Santiago de Chile desde la planificación urbana y sus contradicciones normativas territoriales*. [En línea] Available at: <https://www.scielo.cl/pdf/eure/v50n150/0717-6236-eure-50-150-0008.pdf> [Último acceso: 26 septiembre 2024].

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011. *Criterios para el ordenamiento del espacio público. Banquetas*. [En línea] Available at: <https://transparencia.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/59d/987/e69/59d987e691cfa470782142.pdf>

Secretaría de Fomento Turístico, 2024. *Resultados de la actividad turística en el estado de Yucatán..* [En línea] Available at: https://www.sefotur.yucatan.gob.mx/files-content/general/resultados_actividad_turistica/50c2195489c6da33b2ae4c8c79680f5d.pdf?v=1725912940 [Último acceso: 9 noviembre 2024].

Secretaría de Marina, 2013. *El Sisal, Yucatán. Secretaria de Marina*. [En línea] Available at: <https://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/cuestionarios/cnarioSisal.pdf> [Último acceso: 5 octubre 2024].

Secretaría de Movilidad, 2022. No. 841. *Aviso por el que se establecen las características técnicas que deberán cumplir los vehículos vipo vagoneta.* [En línea] Available at: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Sustitucion/Aviso%20%20Lineamientos%20Vagonetas%2002-05-22.pdf> [Último acceso: 24 febrero 2025].

Secretaría de Movilidad, 2023. *Programa de financiamiento al transporte público individual sostenible 2023.* [En línea] Available at: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Flyers/flyer%20financiamiento%20taxi%20VF%2004.05.23.pdf> [Último acceso: 8 mayo 2025].

Secretaría de Turismo, 2020. *Sisal, Yucatán.* [En línea] Available at: <https://www.gob.mx/sectur/articulos/sisal-yucatan> [Último acceso: 11 julio 2024].

Silva, C., 2021. *Lo que se sabe de Sisal, el nuevo Pueblo Mágico de Yucatán. Eolitravel.* [En línea] Available at: <https://www.eolitravel.com.mx/lo-que-se-sabe-de-sisal/> [Último acceso: 2024].

Subiria, G., 2024. *El próximo 24 de febrero iniciará el festival de la veda. Quadritin Yucatán.* [En línea] Available at: <https://yucatan.quadritin.com.mx/municipios/el-proximo-24-de-febrero-iniciara-el-festival-de-la-veda/> [Último acceso: 2024].

Terra Investment, 2024. *Crecimiento económico en Sisal, Yucatán.* [En línea] Available at: <https://terrainvestment.mx/crecimiento-economico-en-sisal-yucatan/> [Último acceso: 25 febrero 2025].

Torres, A., 2023. *5 cosas que puedes hacer en Sisal.* [En línea] Available at: <https://asiesmerida.com/turismo/cosas-que-puedes-hacer-en-sisal/> [Último acceso: 29 julio 2024].

Toyota, 2025. *Hiace 12 pasajeros.* [En línea] Available at: <https://www.toyota.mx/modelos/pickup/hiace/hiace-12-pasajeros/> [Último acceso: 24 febrero 2025].

Uribe, A., 2023. *Riesgos de una mala señalización vial.* [En línea] Available at: <https://conosviales.com/senalizacion-vial/> [Último acceso: 17 diciembre 2024].

Vázquez Guerrero, M., 2016. *Diseño de paraderos en transporte público.* [En línea] Available at: <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/6410/1/RI000462.pdf>

Yucatán acontece, 2024. *El oro verde de Yucatán: el henequén y su historia.* [En línea] Available at: <https://yucatanacontece.com/2024/06/el-oro-verde-de-yucatan-el-henequen-y-su-historia/> [Último acceso: 12 julio 2024].

Yucatán Travel, 2024. *Sisal.* [En línea] Available at: <https://yucatan.travel/cultura/sisal/> [Último acceso: 6 julio 2024].

ANEXO A. UBICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL EN EL ÁREA URBANA DE SISAL

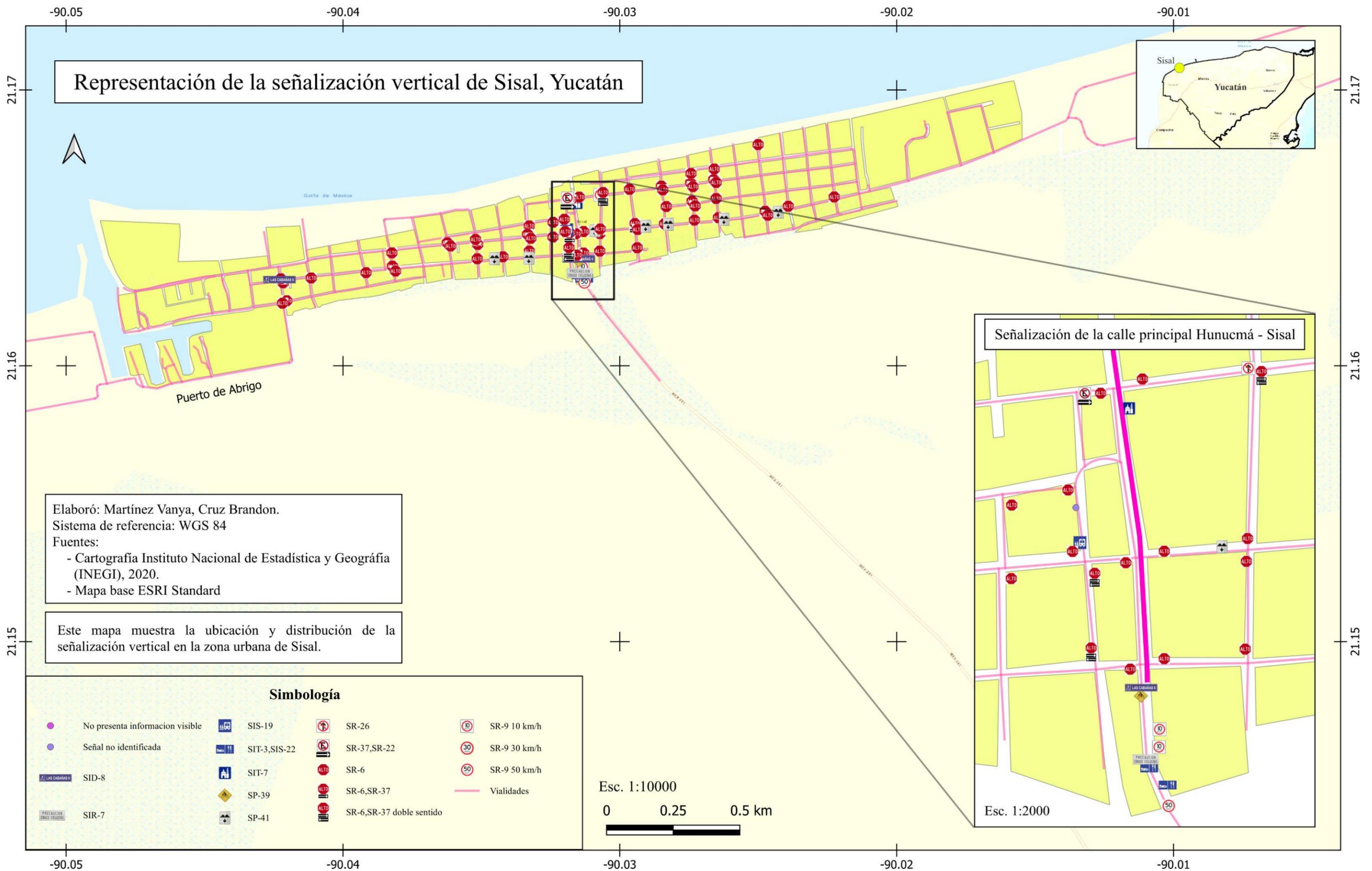
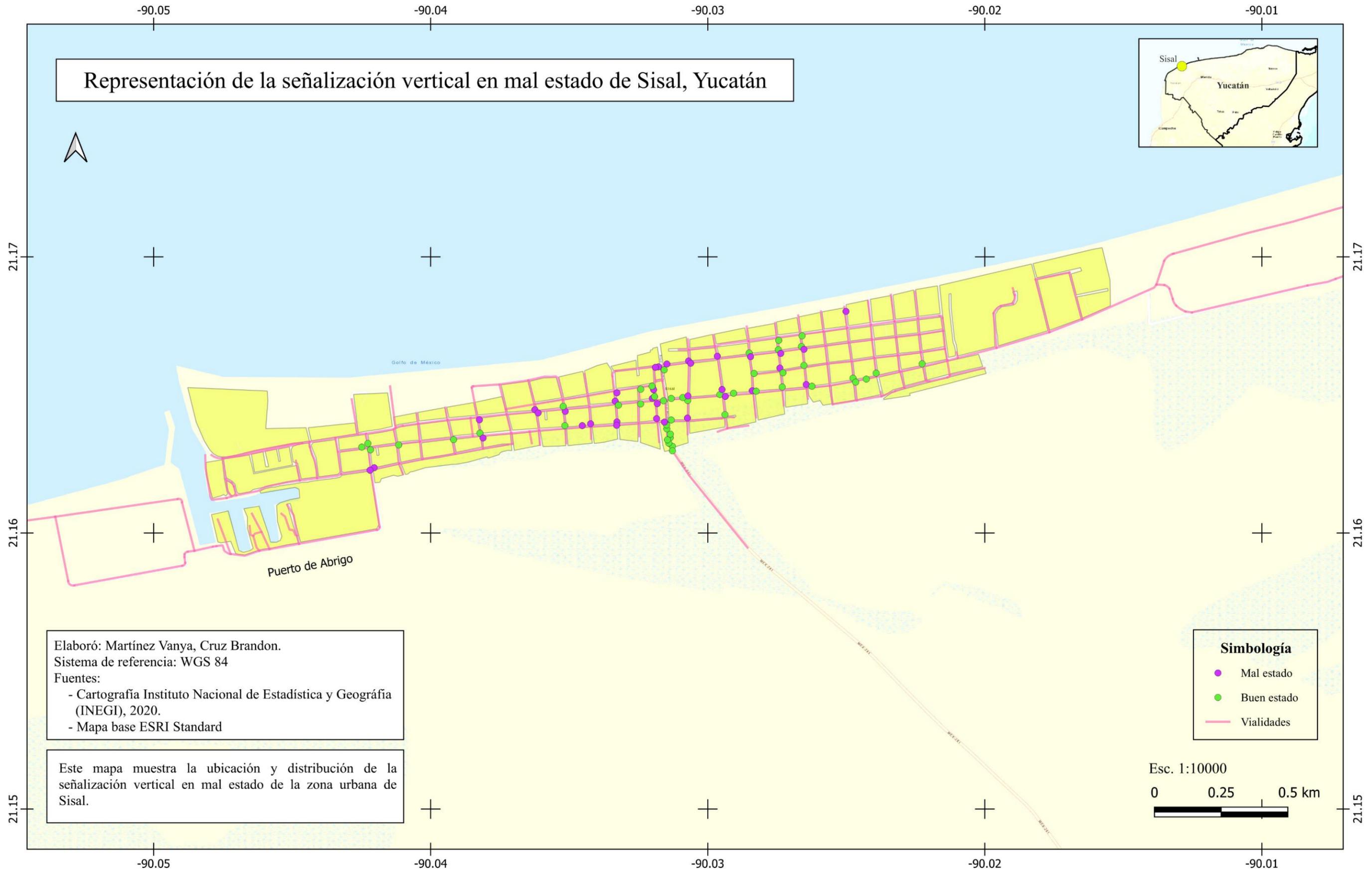
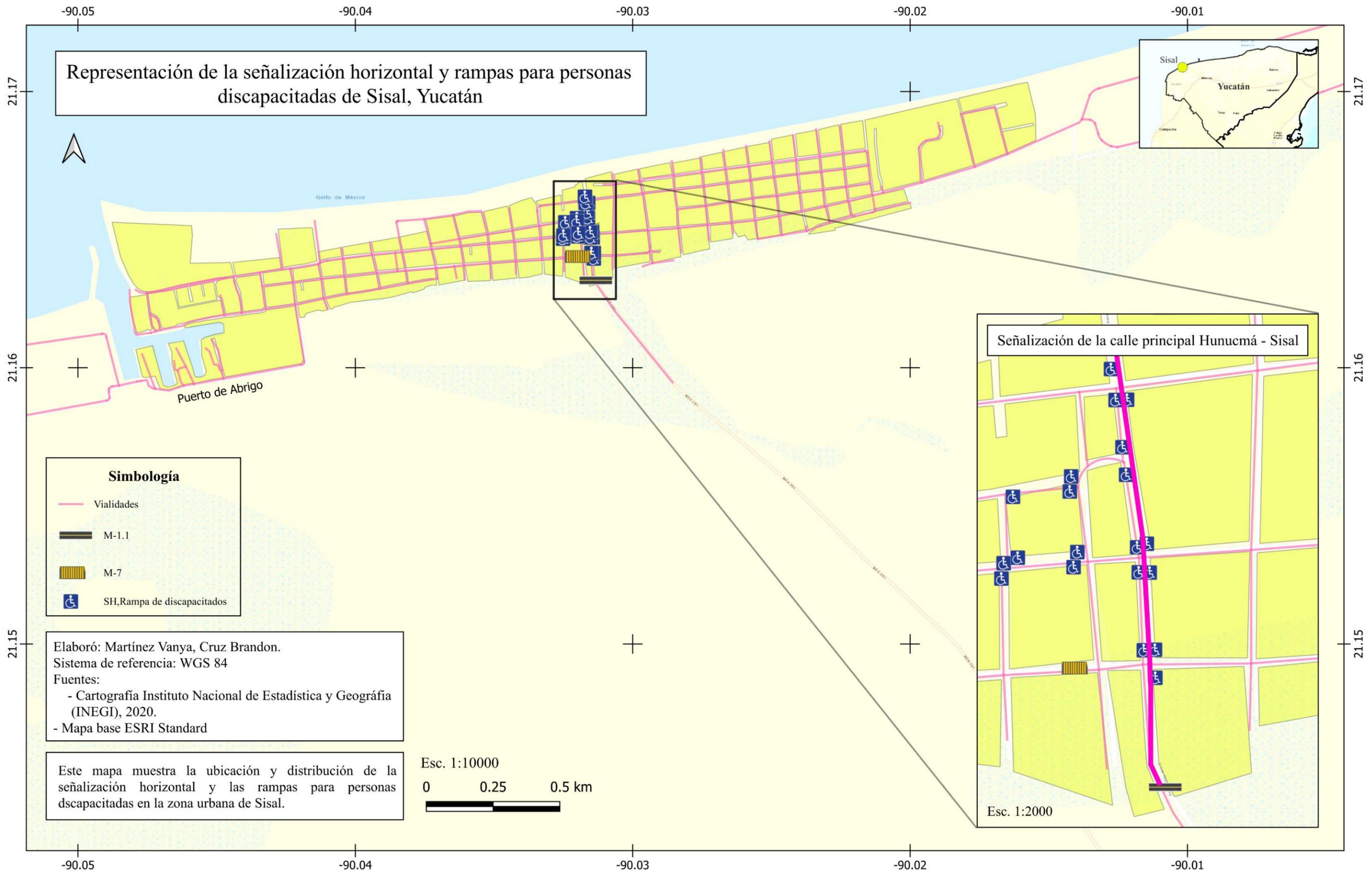


Figura A.1. Señalamiento vertical de Sisal, Yucatán

ANEXO B. UBICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL EN MAL ESTADO EN EL ÁREA URBANA DE SISAL



ANEXO C. UBICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EN EL ÁREA URBANA DE SISAL



ANEXO E. UBICACIÓN DE CALLES PAVIMENTADAS EN EL ÁREA URBANA DE SISAL, YUCATÁN

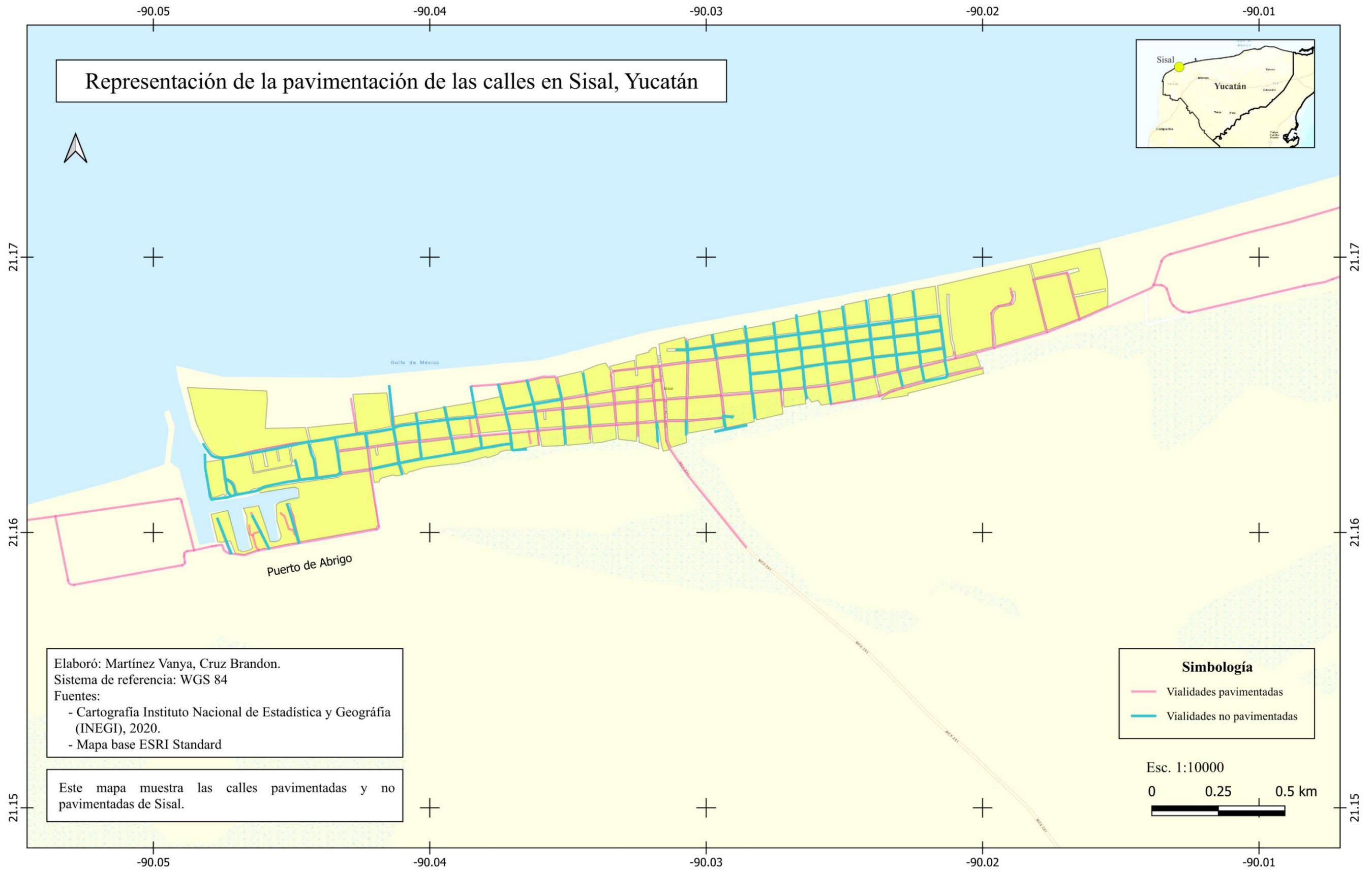


Figura E.1. Calles pavimentadas de Sisal, Yucatán